ISSN 0388—841 X

#16

BULLETIN
OF THE
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

NO. 16

# 南西海区水産研究所研究報告

第 16 号



昭和59年1月
南西海区水産研究所
広島県大野町

NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
ÔNO-CHÔ, HIROSHIMA-KEN, JAPAN

January 1984

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# 南西海区水産研究所研究報告

## 第 16 号

## 目　　次

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# ヤツマタモクとヨレモクの幼体の最適生長条件について*

月　舘　潤　一

# On the Most Suitable Growth Conditions of Young Thalli of *Sargassum patens* C. AGARDH and *Sargassum tortile* C. AGARDH

Jun-ichi TSUKIDATE

The most suitable growth conditions were investigated on the young thalli of 0.5 to 3 cm in total length which were the most important and key stage for forming *Sargassum* bed. The following results are obtained;

1. On the growth conditions of young stages between 0.5 and 1 cm long of *Sargassum patens*,
   1) optimum temperature was 20°C,
   2) chlorinity lies in between 13.64-18.27‰,
   3) and optimum light intensity was around 10,000 lux.
2. On the growth conditions of young stages between 0.5 and 3 cm long of *Sargassum tortile*,
   1) optimum temperature lies in between 15 and 20°C,
   2) chlorinity was between 13.64-18.27‰,
   3) and optimum light intensity was around 7,000～10,000 lux.

ヤツマタモクは，瀬戸内海中部沿岸域では7－8月頃に新しい葉体が出現して生長し，11－12月に生長のピークに達する。この後，生長はにぶるが，翌年の4月になると成熟して，藻体の一部を残し，枯れる。ヨレモクもヤツマタモクと同様の生活史を示すが，成熟はヤツマタモクより早い（南西水研，1981，1982）。また，ヤツマタモクは水深3m位まで生育し，ヨレモクは5m位までで，そのうち2－3m層に繁茂水域がある（高場ら，1982）。そして，これらの種類は，内海域のホンダワラ藻場を形成し，瀬戸内海ではどこにでも出現する。

本論文は，ホンダワラ藻場の形成にとって最も重要な幼体期，特に初期葉が出る頃の生長条件を調べたものである。すなわち，全長，最大幅，湿重量の増加および葉の枚数の増加におよぼす水温，塩分，照度の影響を培養実験により明らかにした。

1983年4月21日受理，南西海区水産研究所業績第131号，〒739－04，広島県佐伯郡大野町
*本研究はマリーンランチング計画にもとずいた成果である。MRP82－I－6－11。

## 材料及び方法

**材料**　ヤツマタモクは，山口県内海水産試験場および大分県浅海漁業試験場で採苗し，室内で培養管理した全長約0.5～1 cmのものを用いた。ヨレモクは，広島県水産試験場で採苗し，培養管理した全長約0.5～3 cmのものである。

**方法**　7台のインキュベーターを作動し，温度，照度，照明時間を決められた実験条件に設定して用いた。培養容器には2 ℓ又は5 ℓの丸型平底フラスコを用い，その中に幼体を入れて，通気培養を行った。通気量は500mℓ/minにした。培養液には，のりの培養に用いているものに，ヨウ化カリウムを10mg%に添加した人工海水（Table 1）を使用した。

**測定**　生長は長さ，最大幅，湿重量および葉の枚数の増加を測定して，観察した。

実験材料は1つの条件下に5個体以上入れて，その平均値で生長を観察し，実験を3回繰返した。しかし，結果がみだれた場合，同一の結果が得られるまで，更に実験を繰返した。

Table 1. Composition of artificial sea water

| | |
|---|---|
| NaCl | 2.4 % |
| $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ | 0.8 % |
| KCl | 70mg% |
| $CaCl_2$ $2H_2O$ | 55mg% |
| $NaHCO_3$ | 16.8mg% |
| $NaNO_3$ | 20mg% |
| $Na_2glyceroPO_4$ | 2mg% |
| KI | 10mg% |
| PII metals | 1mℓ/100mℓ |

| PII metals | 1 mℓ= |
|---|---|
| $H_3BO_3$ | 0.2 mg |
| $FeCl_3$ $6H_2O$ | 0.048mg |
| $MnCl_2$ $4H_2O$ | 0.144mg |
| $CoCl_2$ $6H_2O$ | 0.04 mg |
| $ZnCl_2$ | 0.01 mg |
| $Na_2EDTA$ | 1 mg |

**結果**

**ヤツマタモクについて**

生長におよぼす水温の影響をFig. 1，Table 2，Table 3に示した。用いた幼体の全長は約1 cmであった。この時期の幼体は10℃～25℃の範囲内では，培養から4週間経過までは水温による生長の差はみられなかったが，以後は顕著な差がみられ，20℃で非常に生長がよかった。葉の枚数も20℃では4週間後から増え，6週間後までに2～5枚増えた（Table 2)。10℃，15℃，及び25℃では20℃のように急速に生長する時期はなく，葉の枚数は10℃で0～2枚増えたのみである（Table 2，3)。

Table 2. Increase of number of leaves at 20℃.

| Individual No. \ Days | 0 | 14 | 28 | 42 | 56 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *6 | 6 | 8 | 10 | 10 |
| 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 10 |
| 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 10 |
| 5 | 8 | 6 | 8 | 10 | 10 |

* Number of leaves

Table 3. Increase of number of leaves at 10℃.

| Individual No. \ Days | 0 | 14 | 28 | 42 | 56 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *6 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 3 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 6 |
| 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |

* Number of leaves.

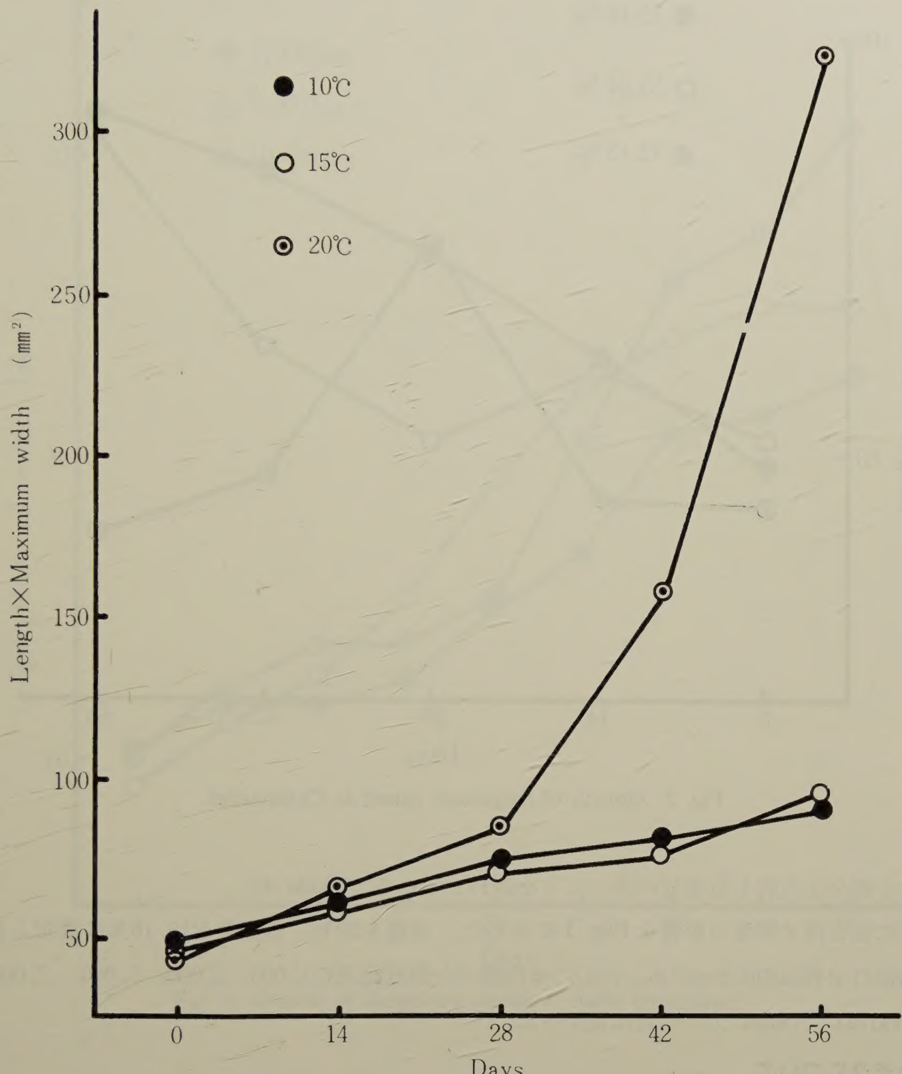



Fig. 1 Growth of Sargassum patens at temperatures.

生長におよぼす塩分の影響をFig. 2, Table 4に示した。人工海水の塩素量15. 16‰を基本に，蒸留水で稀釈して，その影響を調べた。この時，水温を20℃にし，照度を3, 000～5, 000 lux にした。全長約 1 cmの幼体を用いたが，塩素量で 13. 64‰ までは顕著な影響はあらわれていない。しかし塩素量が 12. 13‰ になると生長は悪かった (Fig. 2)。培養開始から 4 週間以降になると生長量がマイナスとなり，

Table 4. Increase of number of leaves at 12.13. ‰

| Individual No. \ Days | 0 | 14 | 28 | 42 | 56 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *6 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| 2 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 4 | 7 | 8 | 8 | 7 | 2 |

* Number of leaves.

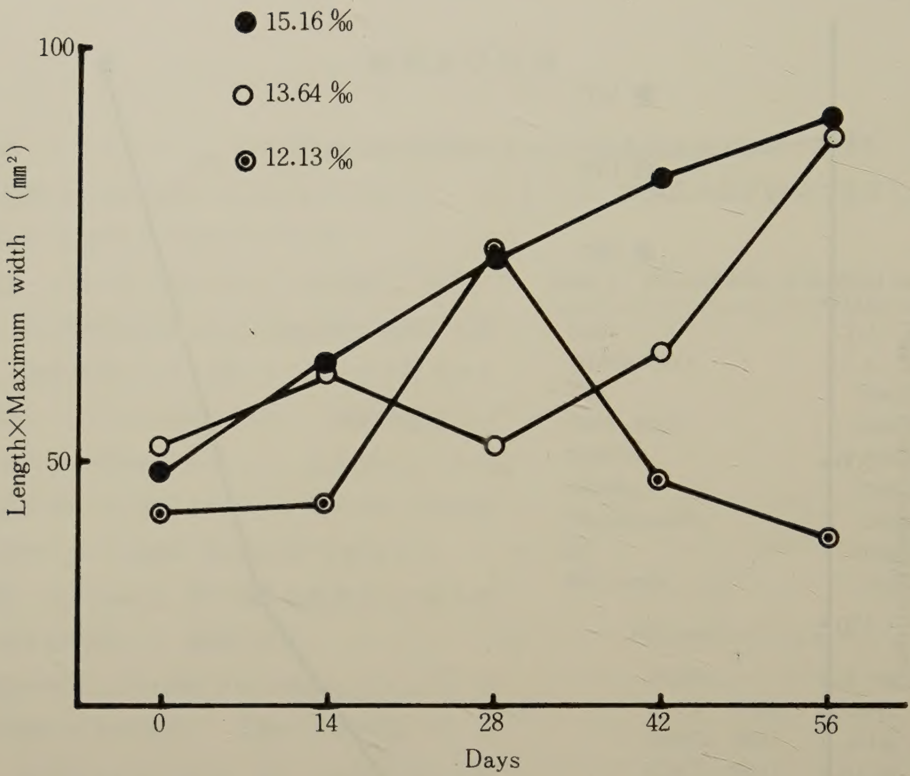



Fig. 2 Growth of Sargassum patens at Chlorinities.

生長する部分より朽ちる部分の多いことを表わしている（Table 4)。

生長におよぼす照度の影響を Fig. 3 に示した。水温を20℃，塩素量を15.16‰に設定した。用いた幼体の全長は約0.5cmであったが，今回調べた照度範囲の1,000，2,000，5,000，7,000，及び10,000 lux では高い方が生長は良かった。

**ヨレモクについて**

生長におよぼす水温の影響を Fig. 4 に示した。用いた幼体の長さが 1 cm以下の場合と 2 ～ 3 cmの場合とで結果は異なった。Fig. 4 に幼体の長さ 2 ～ 3 cmの実験結果をあげたが，15℃が適温であった。幼体の全長が 1 cm以下だと20℃の方が生長は良かった。

生長におよぼす塩分の影響を Fig. 5 に示した。人工海水の塩素量15.16‰を基本にして，蒸留水で稀釈し，その影響を調べた。この時，水温を20℃，照度を3,000～5,000 lux にした。用いた幼体の全長は約 1 cmである。ヤツマタモクと同様13.64‰までは生長するが，これ以上に稀釈すると生長しない。

生長におよぼす照度の影響を Fig. 6 に示した。水温を20℃，塩素量を15.16‰に設定した。全長約0.5cmの幼体を用いたが，調べた照度1,000，2,000，7,000 lux の範囲では高い方が生長は良かった。

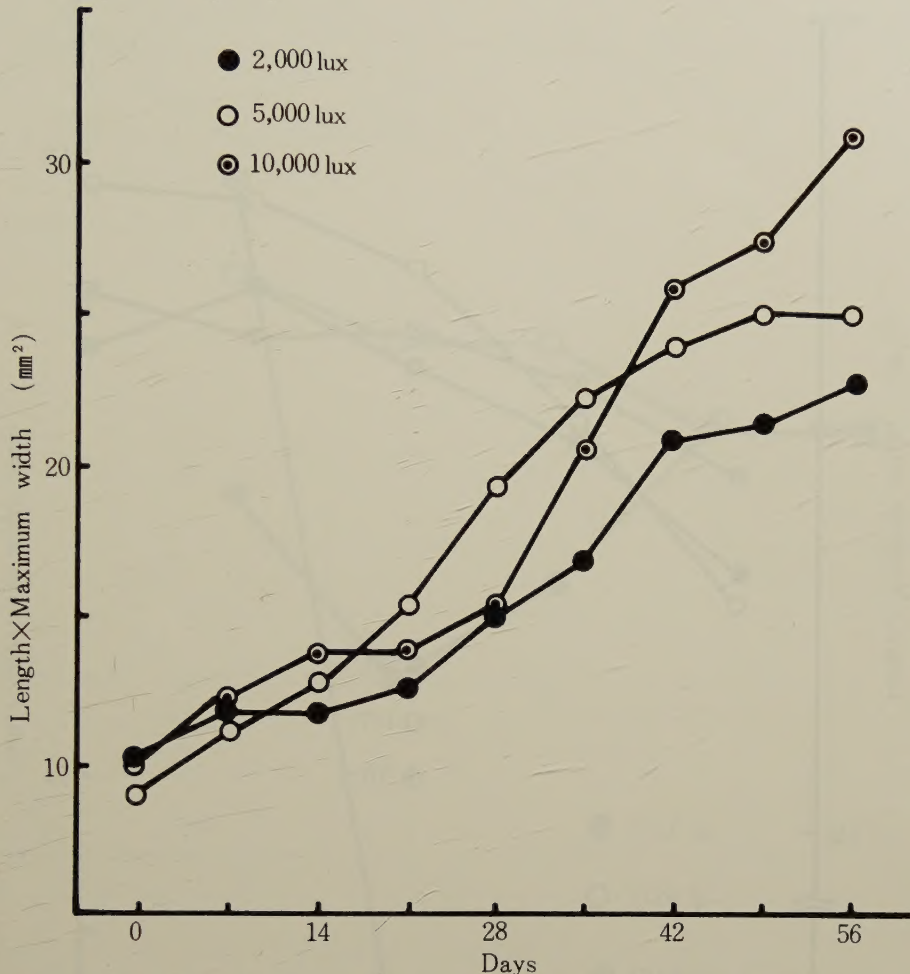



Fig. 3 Growth of Sargassum patens at hight intensities.

## 考　　　察

今回の実験では，培養液にのり用の人工海水にヨウ化カリウムを10mg％添加した人工海水を用いたが，ヤツマタモクもヨレモクも茎の長さが約5cmまでは健全に生長し，形態的にも何ら異状は認められなかった。

全長約0.5～1cmのヤツマタモク幼体の生長条件を調べた結果，水温は20℃が最適であることが明らかとなった。塩分は塩素量で13.64‰まで稀釈しても健全に生長するので，塩分の適応範囲は塩素量で13.64‰から通常の海水の塩素量18.27‰位までと考えられる。照度は実験で調べた範囲では高い程生長が良かったが，潮干帯の下部で生育するアラメ，カジメ類の光合成量の上限が10,000 lux であることを考えると（南西水研，1982），同じ潮干帯の下部に生長するヤツマタモクでも，約10,000 lux が最適条件と考えられる。

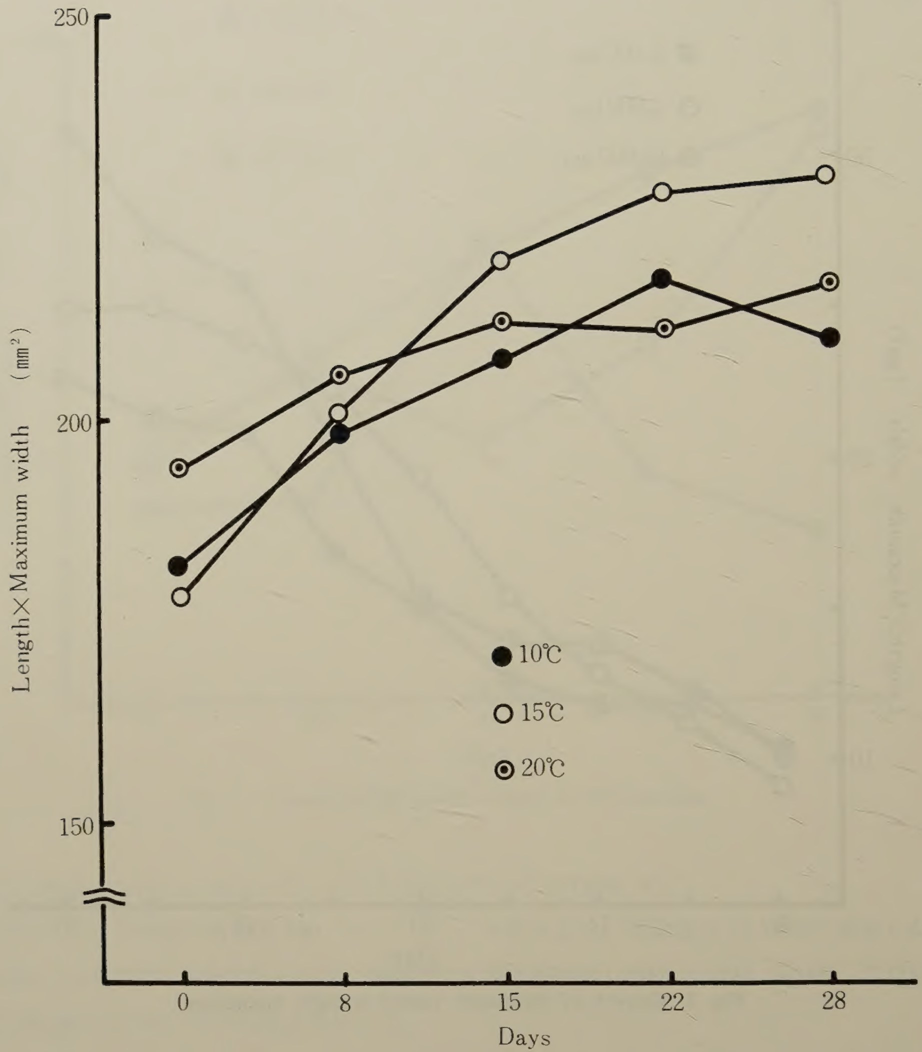



Fig. 4 Growth of Sargassum tortile at temperatures.

全長約0.5～3㎝のヨレモクでは，水温は幼体の大きさ1㎝以下で20℃，2～3㎝になると15℃が最適である。塩分もヤツマタモクと同じで，13.64～18.27‰が適応範囲と考えられる。照度は調べた範囲では7,000 lux が最適であったが，ヨレモクもヤツマタモクと同じ水深に生育するので，7,000～10,000 lux が，最適条件範囲と考えられる。

大分県浅海漁業試験場(1982)はアカモク，オオバモク，ヨレモク，ヤツマタモク，及びヒジキの培養管理について述べているが，水温をみると14～24℃が適当としている。この場合幼体の大きさは1㎝以下であり，したがって，今回の結果より多少高めになっている。また，照度をみると1,000～3,000 lux が適当となっているが，幼体が小さいこと，しかも培養における保存管理について述べているので，今回の実験結果と多少ことなるが，大きな違いはないと考えられる。

Norton (1977) はホンダワラ科の一種類で水温，塩分の適応範囲を調べて，水温は5～25℃の

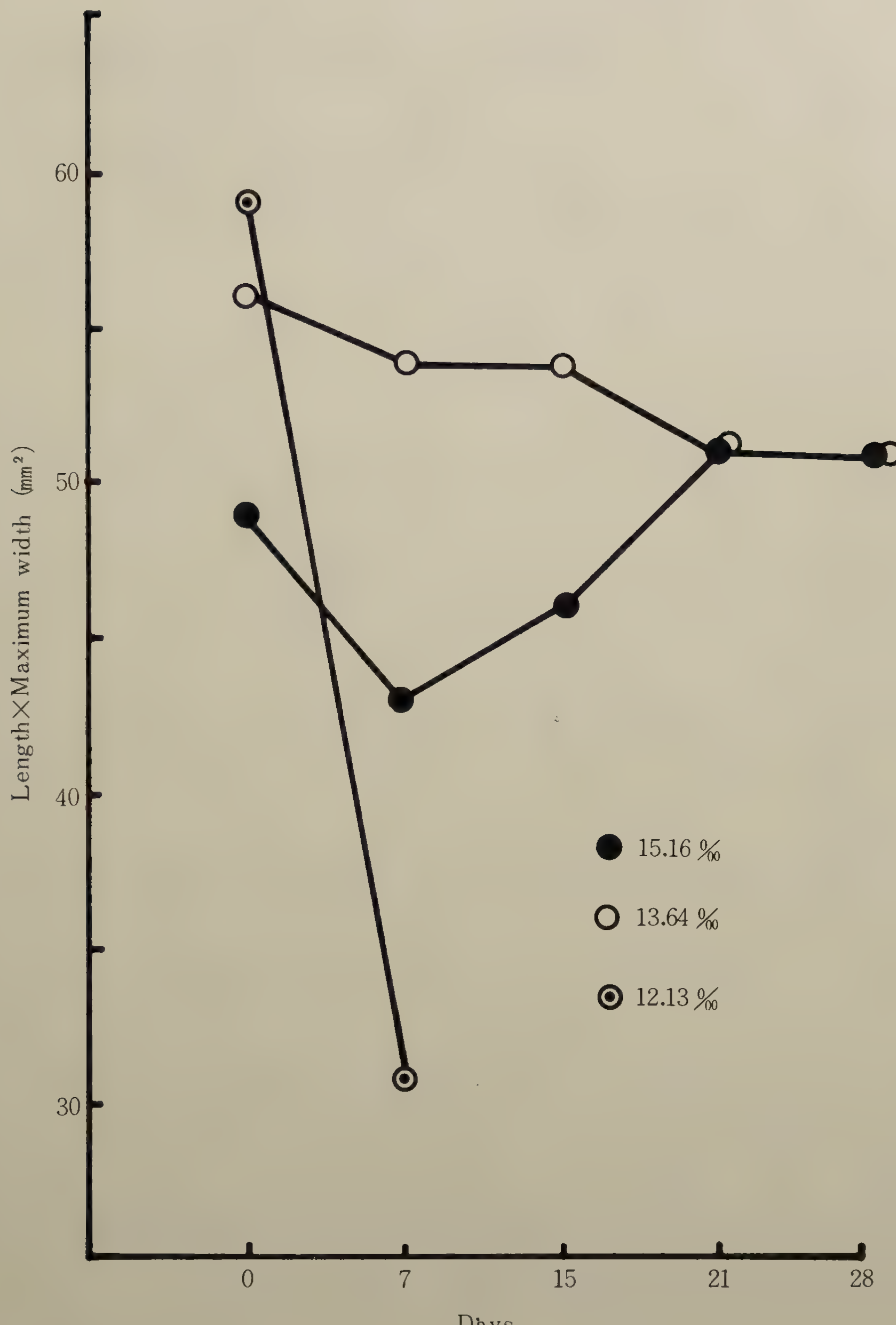



Fig. 5 Growth of Sargassum tortile at chlorinities.

範囲で生存可能であるが，高い方が良く，25℃が一番良かったとしている。また，塩分は幼体では20‰（塩素量で11.06‰）まで生存可能と報告している。しかし，これも今回用いた幼体より小さい。**Wreede (1978)** はハワイ産のホンダワラ科海藻3種について，適温，最適塩分を調べ，水温は24℃，塩分は30～35‰（塩素量で16.6～19.37‰）と述べている。ハワイ産のホンダワラ科海

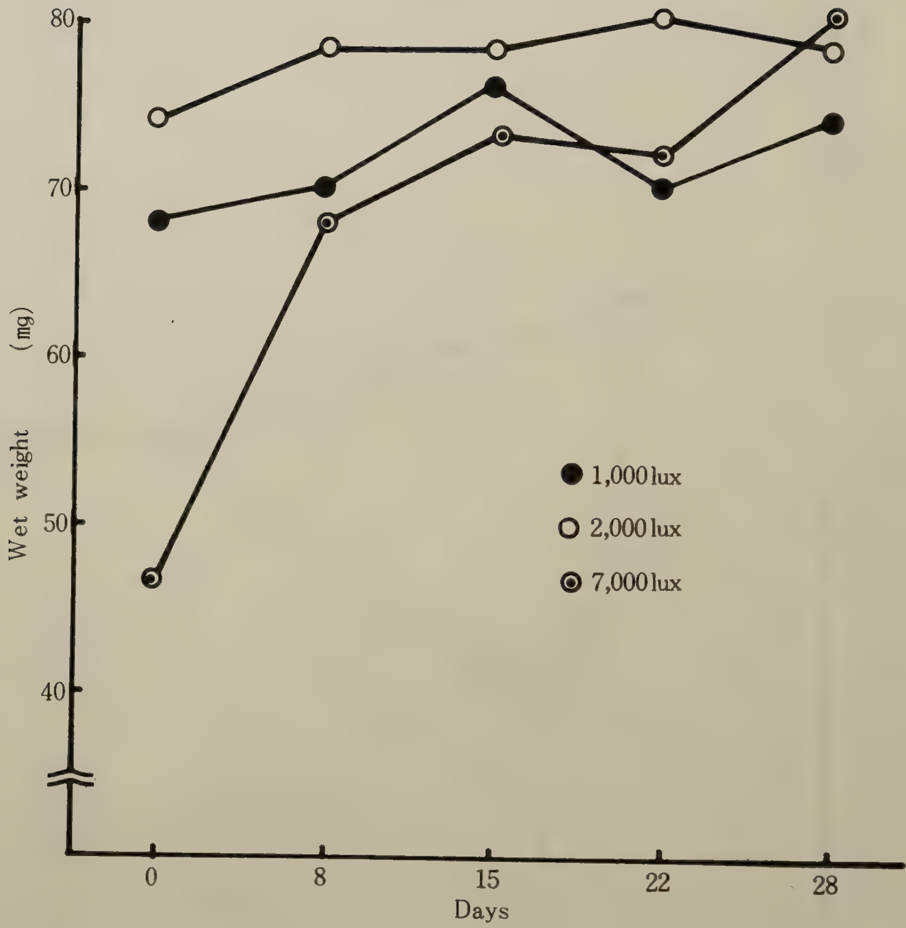



Fig. 6　Growth of Sargassum tortile at light intensities.

藻では適温は少し高いが，調べられた幼体の大きさが約 1 mmなので，こういう結果になったと考えられ，今回の実験結果と大きな違いはないと推定される。

以上今回の実験結果と，既往資料と対比して考察したが，これらを総合して判断すると沿岸内海域に繁茂するホンダワラ科海藻の幼体の最適生長条件は水温，15～20℃，塩分は塩素量で13.64～18.27‰，照度は3,000～10,000 lux と推定された。この事により，種苗生産した後，その種苗を現場に移植するまでの培養管理が容易かつ効果的になると考えられる。

## 要　　　約

ホンダワラ藻場の形成にとって，最も重要な幼体期，特に初期葉が出る頃の生長条件を調べ，今回の実験条件の範囲内で下記の結果を得た。

1. ヤツマタモクの生長条件について

1）最適温度は20℃であり，

2） 塩分適応範囲は13.64‰～18.27‰で，

3） 最適照度は10,000 lux であった。

2. ヨレモクの生長条件について

1） 最適水温範囲は15～20℃であり，

2） 塩分適応範囲は13.64‰～18.27‰で，

3） 最適照度は7,000～10,000 lux であった。

## 文 献


De Wreede, R. E., 1978: Growth in varying culture conditions of embryos of three Hawaiian species of *Sargassum* (Phaeophyta, Sargassaceae). Phycologia, 17(1), 23-31.

南西海区水産研究所，1981：近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究．有用海藻群落．昭和55年度報告書．176pp.

南西海区水産研究所，1982：近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究．有用海藻群落．昭和56年度報告書．166pp.

Norton, T. A., 1977: Ecological experiments with *Sargassum muticum*. J. mar. biol. Ass. U. K., 57, 33-43.

大分県浅海漁業試験場，1982：赤潮対策枝術開発試験報告書．昭和56年度報告書．31pp.

高場稔・溝上昭男，1982：安芸灘西部黒島におけるガラモ藻場の季節的消長と垂直分布．広島県水産試験場研究報告．12，33—44.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# 瀬戸内海西部海域におけるメイタガレイの系統群

正木　康昭・伊東　　弘

# Stock Identification of Finespotted Flounder, *Pleuronichtys cornutus* (Temminck *et* Schlegel) in the Western Seto Inland Sea

Yasuaki Masaki and Hiroshi Ito

This study was done with the intention of contributing the resources and fisheries biology of finespotted flounder, *Pleuronichtys cornutus* (Temminck *et* Schlegel) stocks, of clarifing the stock of them in the Western Seto Inland Sea into units that it consists of four sea areas, *i. e.*, the Sea of Aki, Iyo, Suō and Hiroshima Bay.

Using 7,207 fish materials of finespotted flounder, catch statistics by sea areas, and the data of fishing diary of small trawl boats sampled, the identification of the stock units of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea is carried out by use of the statistical significance test of interareal differences in following seven items; yearly change of CPUE, pattern of monthly distribution of the catch per one $km^2$ trawled and movements, ambicoloration rate, number of vertebrae, number of dorsal, anal, and caudal soft rays, relative growth of various parts of the fish body, and relationship between standard body length and body weight.

Taking all results on the basis of these seven items into account, it was concluded that finespotted flounder distributed in each of the Sea of Aki, Iyo, Suō, and Hiroshima Bay belong to the independent stock units each other.

However, it was also recognized that the stock unit in the Sea of Iyo must be reexamined by using more materials which will be sampled over a wide area in future.

近年，瀬戸内海における各漁業は高い資源水準にあるカタクチイワシ *Engraulis japonica* (Houttuyn)，マイワシ *Sardinops melanosticta* (Temminck *et* Schlegel)，イカナゴ *Ammodytes personatus* (Girard) 等の多獲性低価格魚，マダイ *Pagrus major* (Temminck *et* Schlegel)，ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck *et* Schlegel)，クルマエビ *Penaeus japonicus* (Bate)，ガザミ *Portunus trituberculatus* (Miers) に代表される資源水準が低い高価格魚，及びカレイ

1683年6月8日受理，南西海区水産研究所業績第133号，〒739-04　広島県佐伯郡大野町

類，イカ類，タチウオ *Trichiurus lepturus*（LINNE）等のように資源が安定しているかあるいは増大していると考えられる中価格魚を漁獲対象として，漁業及び利用の合理化と価格の上昇によって支えられている（多々良　1977，中国四国農政局　1982，瀬戸内海底魚研究チーム　1980 a，b，c，瀬戸内海浮魚研究チーム　1980）。

多獲性魚類はその資源の合理的有効利用の観点から，そして資源水準の低い高価格魚に対しては高い市場の需要に答えるために各々の生物に関する漁業・資源生物学的研究が推進されてきた。さらに，後者については種苗放流等の資源培養に関する諸施策が講じられている（和歌山県水産増殖試験場・和歌山水試・兵庫県栽培漁業センター・兵庫水試・徳島県栽培漁業センター・徳島水試　1983，大阪水試・岡山水試・愛媛水試・佐賀県有明水試・福岡県有明水試　1983）。

しかしながら，瀬戸内海の基幹漁業である小型底びき網漁業は中・低価格魚と位置づけられているカレイ類と小型エビ類によってその基礎が支えられているにもかかわらず，特にその中でも，カレイ類については良好な資源状態を長期間にわたって保ってきた結果，これらに関する漁業・資源生物学的研究への関心は現在まで極めて低い状態にある。

瀬戸内海に生息するカレイ類は3科23属31種を数えるが(多々良　1965)，その中でも漁獲の主対象となっているのはマコガレイ *Limanda yokohamae*（GUNTHER），イシガレイ *Kareius bicoloratus*（BASILEWSKY），メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*（TEMMINCK *et* SCHLEGEL）の3種である。前2者に関する生物学的研究は比較的なされているにもかかわらず（水戸　1968，水戸他　1969，木谷他　1969，松浦　1969，和田・勝谷　1969，陣之内　1971，藤・多胡　1972，南西水研 1972，松村 1972，岡山水試 1972，藤本他 1973，平嶋他　1973，陣之内・岩本　1973，陣之内　1973，水田　1973，藤他　1974，冨山・陣之内　1974，松村他　1974 a，b，香川水試・岡山水試・福岡豊前水試・大分浅海漁業試・山口内海水試　1975，藤・林　1975，山口県・福岡県・大分県　1975，福永　1976，冨山・陣之内　1977，陣之内　1977，谷本他　1978 a，b，原他　1981，石川　1981，宮城県・山口県・大分県 1982)，メイタガレイについては冨山（1956），北森 (1964)，丹下（1967)，水戸 (1968)，猪子（1982）による体長組成，餌料，分布，成長，ふ化飼育，卵の分布，年齢組成に関する断片的な研究がなされているにすぎない。さらに，漁業・資源生物学的研究は系統群別に行わねばならないが，メイタガレイの系統群に関する研究は北森（1964）によって試みられたのみである。

本研究は瀬戸内海西部海域〔安芸灘（広島湾を除く），広島湾，伊予灘，周防灘〕におけるメイタガレイ資源の合理的利用に資することを目的として本種の系統群の判別を行った。

稿を進めるにさきだち，本論文の校閲をいただいた南西海区水産研究所尾形哲男内海資源部長に謝意を表します。さらに，標本採集に関して山口県内海水産試験場資源科長原　健一氏，専門研究員桧山節久氏，広島県水産試験場（前）企画調査部長猪子嘉生氏の御協力を得たことに深く感謝します。

なお，本研究の一部には「浅海域の海岸・海底形状変化に伴う影響調査」（水産庁）及び「海洋生物資源の生産力と海洋環境に関する研究」（科学技術庁）で得た資料・標本を用いたことを付記する。

## 材料及び方法

本研究で用いた材料は，安芸灘（広島湾を除く）では Fig. 1 の海域Ⅰにおいて1980年4月～1981年10月の間，小型底びき網漁業（手ぐり2・3種）で漁獲されるカレイ類に対する「瀬戸内海漁業基本委託調査」によって得られた標本2,160尾を，広島湾では，海域Ⅱにおいて小型底びき網漁業（手ぐり2・3種）によって漁獲され，1979年12月～1981年5月の間に入手した3,381尾を，伊予灘においては，海域Ⅲとして示した二神島周辺海域で1980年3，5及び10月に刺網によって漁獲された110尾を，及び周防灘では，山口県床波，山口及び向島の各漁業協同組合に所属する各々3，1及び1隻計5隻の小型底びき網漁船（手ぐり2・3種）の漁獲物及び秋穂漁業協同組合に所属する刺網漁業者から1980年3月～1982年2月の間に入手した1,556尾である。これらの操業海域は Fig. 1 に示した海域Ⅳである。

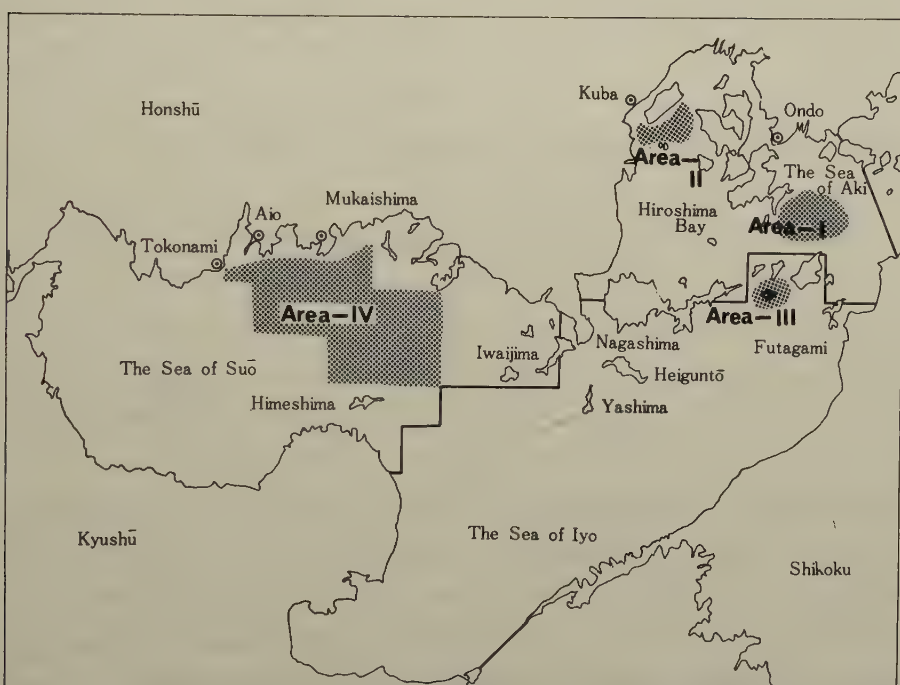



Fig. 1 Sampling area in the Western Seto Inland Sea

標本魚は冷凍して実験室に持ち帰り計測した。計測項目は①全長　②標準体長　③体重　④頭長　⑤臀鰭後縁～尾鰭先端　⑥背鰭後縁～尾鰭先端　⑦臀鰭前縁～吻端　⑧肛門中央～吻端　⑨無眼側腹鰭基部前縁～吻端　⑩背鰭・臀鰭・尾鰭各軟条数　⑪ Urostyle を含む脊椎骨数　⑫無眼側の体表面の有色現象の有無である。

性別海域別に計数的形質の平均値と分散を求め，海域間の差の有意性を検定した。Fig. 2 に示

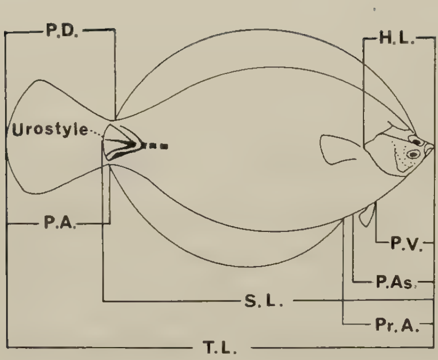



Fig. 2 Diagram showing the dimensions of various parts of the fish body measured in the present study. T.L.: total body length, S.L.: standard body length, P.D.: post-dsoral length, P.A.: post anal length, H.L.: head length, Pr.A.: pre-anal length, P.As.: pre-anus length, P.V.: pre-ventral length.

した標準体長に対する各体部位長及び体重の相関関係式を推定し，求められた一次式の“傾斜”と“位置”の差の有意性を検定した。さらに，無眼側の体表面に色素を有する割合を検討した。

また，「瀬戸内海漁業資源調査」の1978—81年の4年間の小型底びき網漁業による漁法別月別漁区別延ひき網面積（km²）と魚種別漁獲量（kg）の累積値（水産庁 1982）及び山口県床波，秋穂，大海及び向島の4漁業協同組合に所属する8名の小型底びき網漁業者に委託した操業日誌の結果を合せて手ぐり2・3種別月別漁区別ひき網面積当り漁獲量による密度分布と移動を解析するとともに瀬戸内海灘別漁獲統計（中国四国農政局 1982）から安芸灘（広島湾を含む），伊予灘及び周防灘における1968—77年の10年間の年別漁獲量，標準化漁獲努力量及び1日1隻当り漁獲量（手ぐり3種を基準漁業種類として）の経年変化によって系統群についての考察を行った。

## メイタガレイの漁獲の実態

日本におけるカレイ類の漁獲量は，Fig. 3 に示したごとく，1960年代初には約11万トンであったが，その後年々増加傾向をたどり，1973年には最高の約38万トンの漁獲をあげた後低下傾向に転じた。しかしながら，1977年以後は約28万トンの水準で安定している（農林水産省統計情報部 1980）。

瀬戸内海におけるカレイ類の漁獲量は，Fig. 4 に示したように，日本全国の変化でみられたと同様に，1960年の約5,900トンから年々増加し，1980年には約14,000トンに達したものの（中国四国農政局 1982），日本全国のカレイ類の漁獲量に占める瀬戸内海の割合は約4.8%にすぎない。

日本全国の1960—67年の期間におけるメイタガレイの漁獲量には傾向的変化は認められず，約1,900～2,500トンの範囲内で変動している。瀬戸内海においては1960年の678トンから年々増大し，1977年には2,891トンに達した。1960—67年の8年間における日本全国のメイタガレイ漁獲量に占める瀬戸内海の割合は1960年の33.9%から1967年には82.6%にまで増大している。

カレイ類の総漁獲量に占めるメイタガレイの割合は日本全国では1960—67年において0.8～2.1%の範囲内にあったが，瀬戸内海においては1960—77年において11.5～22.1%である。

このように，瀬戸内海で漁獲されるカレイ類は日本全国のカレイ類総漁獲量の約4.8%を占めるにすぎないが，メイタガレイにかぎれば，近年では，80%以上が漁獲されており，さらに，瀬戸内海におけるカレイ類総漁獲量の約22%を占めている。これらのことから，瀬戸内海における

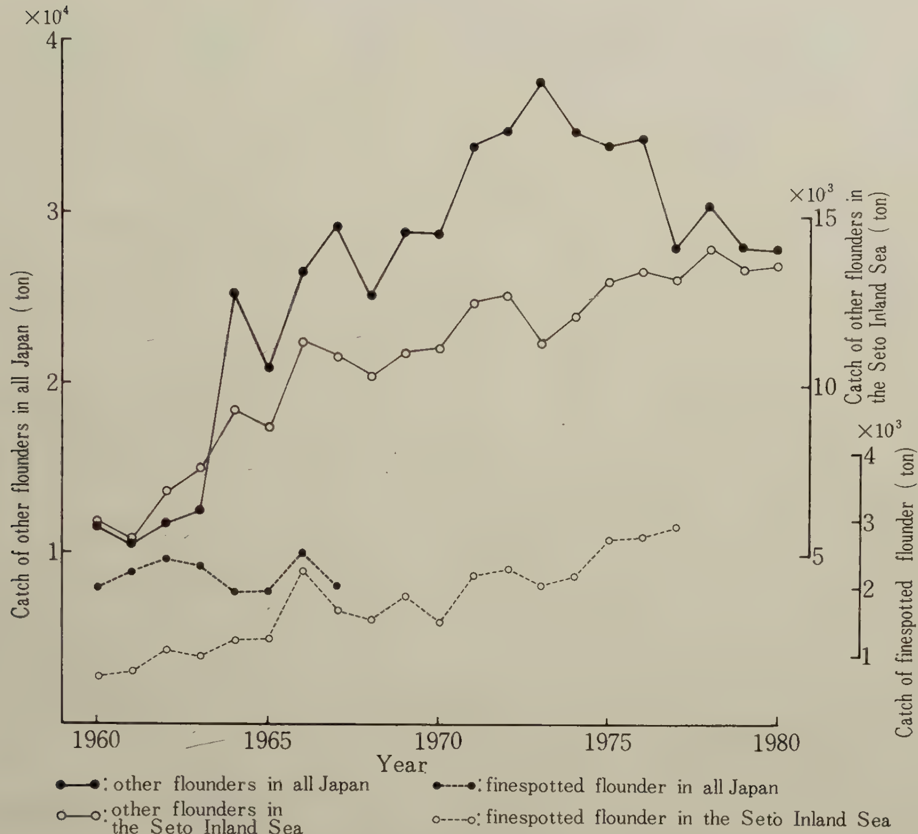



Fig. 3 Annual changes of catch of finespotted flounder and other flounders in all Japan and the Seto Inland Sea.

メイタガレイはカレイ類の漁獲対象種として重要な位置を占めていることがわかる。

瀬戸内海の8つの海域（紀伊水道，大阪湾，播磨灘，備讃瀬戸，燧灘，安芸灘，伊予灘及び周防灘）における1964—77年の14年間のメイタガレイ平均漁獲量は各々76，191，530，468，386，143，129及び93トンである。そのうち，播磨灘，備讃瀬戸及び燧灘の中部海域における漁獲量は瀬戸内海全域の約69％を占め，東部海域（紀伊水道，大阪湾）と西部海域（安芸灘，伊予灘，周防灘）では各々約13％と18％を占めるにすぎない。

しかしながら，西部海域で漁獲されるカレイ類の全域に占める割合は42.6％であり，当海域のカレイ類の資源評価を行うに当っては本種の資源を無視することはできない。

瀬戸内海におけるメイタガレイは，**Table 1** に示したごとく，10漁業種類によって漁獲されている（中国四国農政局　1982)。1968—77年の期間における漁獲量の多い順位を漁業種類別にみると，手ぐり2種（47.3％)，手ぐり3種（22.0％)，刺網（14.9％)，その他の縦びき（10.3％)，小型定置網（2.8％)，その他の釣（1.5％)，延縄（0.8％)，手ぐり1種（0.5％)，吾智網（0.07％)，あぐり網（0.01％）であり，前4者によって全漁獲量の94.5％が漁獲されている。

安芸灘においては手ぐり2種（56.1％)，刺網（23.6％)，手ぐり3種（18.0％）の3漁業種類

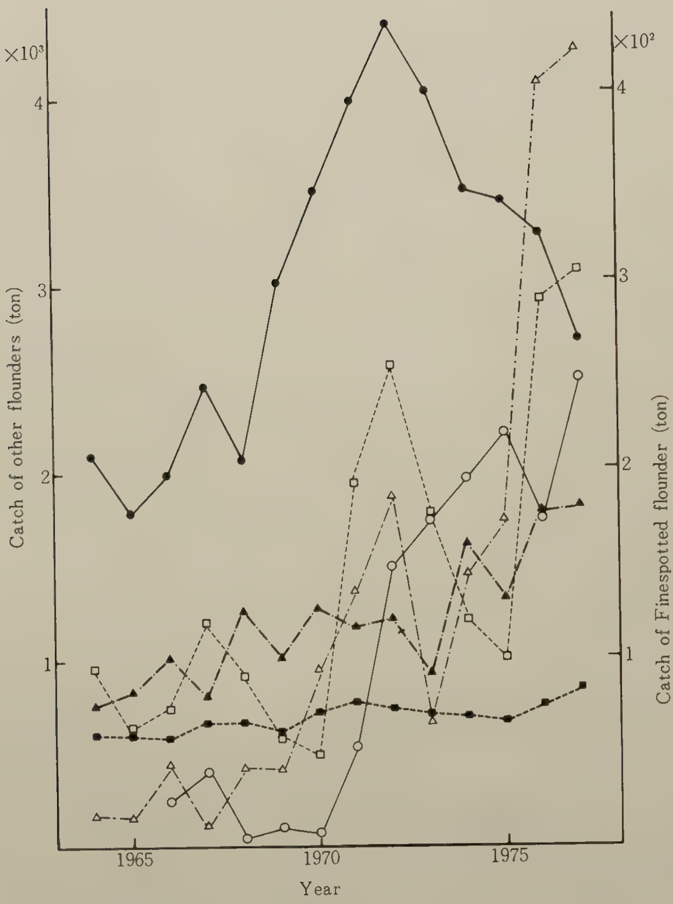



**Fig. 4** Annual changes of catch of finespotted flounder and other flounders in the Western Seto Inland Sea.

によって97.7%を，伊予灘では刺網(47.7%)，手ぐり２種(39.1%)，手ぐり１種(5.8%)によって92.6%を，そして周防灘においては刺網(50.7%)，小型定置網(16.6%)，手ぐり２種(16.2%)，手ぐり３種(14.7%)によって98.2%を漁獲している。

Table 1 に示した10漁業種類によって漁獲されたメイタガレイの手ぐり３種を基準とする標準化漁獲努力量を求め，この標準化漁獲努力量と漁獲量から操業１日１隻当り漁獲量（CPUE）と漁獲量の灘別経年変化を Fig. 5 に示した。

安芸灘における漁獲量は1970年の49トンから1977年の305トンの範囲内にある。刺網と手ぐり３種による1975年までの漁獲量は６～40トンの範囲内でわずかではあるが増加傾向を示すものの，1976—77年において大幅に増加した。一方，手ぐり２種による漁獲量は大きな年変動を示し（変動範囲は21～202トン)，傾向的変化は認められない。

標準化漁獲努力量の変動範囲は約123,000～141,000日・隻であり，大きな年変動は認められないが，わずかに低下傾向を示している。

これらの結果から，安芸灘産メイタガレイの小型底びき網漁業手ぐり３種による CPUE は漁獲量の経年変化と同様の傾向を示している。すなわち，経年変動は大きいが，全体としては増加傾向をうかがわせている。

伊予灘における漁獲量は1969年に最低の41トンから年を追って増加し，1972年には 186 トンに達している。1973年には66トンと前年の約⅓に低下したが，その後は増加傾向に戻り，1977年には最高の423トンをあげている。

Table 1 Annual changes of catch of finespotted flounder in the Sea of Aki, Iyo and Suō.

Unit : ton

| Year/* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Seto Inland Sea** | | | | | | | | | | | |
| 1968 | 2 | 126 | 828 | 360 | | 127 | 16 | 16 | 20 | | 1,495 |
| 1969 | 3 | 245 | 862 | 467 | | 225 | 22 | 15 | 34 | | 1,873 |
| 1970 | | 92 | 780 | 366 | | 176 | 22 | 15 | 35 | | 1,486 |
| 1971 | 1 | 327 | 1,080 | 450 | | 235 | 20 | 31 | 39 | | 2,183 |
| 1972 | | 246 | 1,004 | 543 | 1 | 343 | 49 | 30 | 66 | | 2,282 |
| 1973 | 7 | 265 | 858 | 486 | | 291 | 41 | 17 | 73 | 13 | 2,051 |
| 1974 | 16 | 197 | 955 | 529 | | 341 | 46 | 13 | 71 | | 2,168 |
| 1975 | 10 | 293 | 1,309 | 543 | | 378 | 41 | 21 | 108 | 1 | 2,704 |
| 1976 | 6 | 221 | 1,367 | 516 | 1 | 525 | 38 | 10 | 72 | | 2,756 |
| 1977 | 55 | 243 | 1,302 | 548 | | 616 | 25 | 12 | 88 | 1 | 2,890 |
| Total | 100 | 2,255 | 10,345 | 4,808 | 2 | 3,257 | 320 | 180 | 606 | 15 | 21,888 |
| **The Sea of Aki** | | | | | | | | | | | |
| 1968 | | | 57 | 23 | | 6 | 1 | 3 | | | 90 |
| 1969 | | | 30 | 20 | | 6 | 1 | 3 | | | 60 |
| 1970 | | | 21 | 14 | | 9 | 2 | 3 | | | 49 |
| 1971 | | | 132 | 22 | | 29 | | 11 | | | 194 |
| 1972 | | | 202 | 25 | | 38 | 1 | | | | 256 |
| 1973 | | | 103 | 40 | | 33 | | | 1 | | 177 |
| 1974 | | | 59 | 27 | | 34 | | | | | 120 |
| 1975 | | | 47 | 22 | | 32 | | | | 1 | 102 |
| 1976 | | | 139 | 50 | | 91 | 6 | 2 | 2 | | 290 |
| 1977 | | | 131 | 52 | | 119 | | 1 | 2 | | 305 |
| Total | | | 921 | 295 | | 387 | 11 | 23 | 5 | 1 | 1,643 |
| **The Sea of Iyo** | | | | | | | | | | | |
| 1968 | 3 | | 11 | | | 29 | | | | | 43 |
| 1969 | 2 | | 5 | | | 31 | 2 | 1 | | | 41 |
| 1970 | | | 68 | | | 27 | | | | | 95 |
| 1971 | 1 | | 91 | | | 45 | | | | | 137 |
| 1972 | | | 84 | 17 | | 73 | 9 | | 3 | | 186 |
| 1973 | 7 | | 14 | | | 36 | 7 | | 2 | | 66 |
| 1974 | 16 | | 22 | 3 | | 90 | 1 | | 12 | | 144 |
| 1975 | 10 | | 55 | 1 | | 76 | 10 | 15 | 6 | | 173 |
| 1976 | 6 | | 174 | 13 | | 207 | | 1 | 5 | | 406 |
| 1977 | 55 | | 146 | 10 | | 204 | 1 | 3 | 4 | | 423 |
| Total | 100 | | 670 | 44 | | 818 | 30 | 20 | 32 | | 1,714 |
| **The Sea of Suō** | | | | | | | | | | | |
| 1968 | | | 5 | | | | | | | | 5 |
| 1969 | | | 3 | | | 7 | | | | | 10 |
| 1970 | | | | 1 | | 6 | | | | | 7 |
| 1971 | | | 11 | 6 | | 35 | | | 1 | | 53 |
| 1972 | | | 24 | 9 | | 91 | | | 25 | | 149 |
| 1973 | | | 13 | 11 | | 102 | | | 34 | 13 | 173 |
| 1974 | | | 17 | 48 | | 96 | 2 | | 32 | | 195 |
| 1975 | | | 37 | 25 | | 105 | 5 | | 47 | | 219 |
| 1976 | | | 44 | 37 | | 62 | 1 | | 29 | | 173 |
| 1977 | | | 46 | 44 | | 121 | | | 36 | 1 | 248 |
| Total | | | 200 | 181 | | 625 | 8 | | 204 | 14 | 1,232 |

* : type of fishery, 1 : small trawl "Teguri" type 1, 2 : small trawl other kind of "Teguri", 3 : small trawl "Teguri" type 2, 4 : small trawl "Teguri" type 3, 5 : lift nets, 6 : gill nets, 7 : other anglings, 8 : long lines, 9 : small set nets, 10 : "Gochiami" other kind of boat seine.

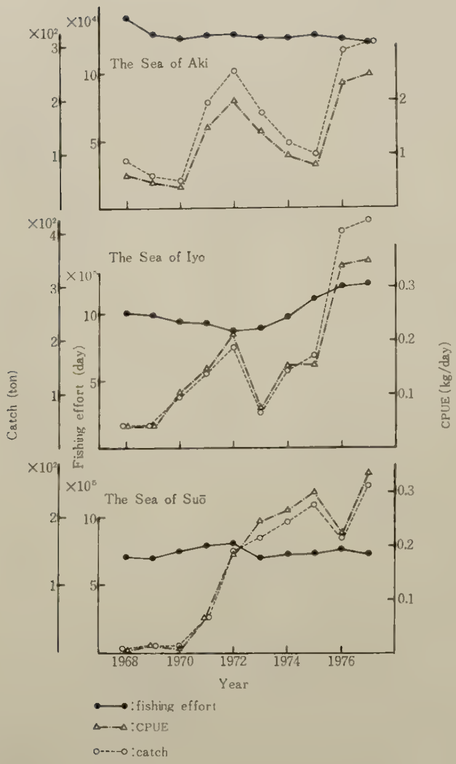



Fig. 5 Annual changes of catch, fishing effort and CPUE of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

標準化漁獲努力量の変動範囲は約 873,000 ～ 1,217,000日・隻であり，安芸灘の 6.2～9.9倍を示している。1968―72年の漁獲努力量は低下傾向を示したものの，1973年以後では増加傾向に転じている。

1972年までの CPUE は漁獲努力量の低下と漁獲量の増大によって年々増加してきたが，1973年には漁獲量の大幅な減少に伴って CPUE は低下した。1973年以後においては，漁獲努力量の増加傾向が継続し，同時に漁獲量もそれに伴って増大した結果， CPUE の経年変化は漁獲量の増加傾向とほぼ同一の様相を示している。

周防灘における1968―70年の漁獲量は 5 ～10 トンの低い水準にあったが，1976年の 173 トンという極端に低い年を除いて，1971年以後増大しつづけており，1977年には 248 トンの最高漁獲量をあげている。

漁獲努力量の1968―72年における変動範囲は約700,000～819,000日・隻であり，わずかではあるが増加傾向を示している。しかしながら，1973年には約 705,000 日・隻にまで低下したものの，その後1977年まで増加傾向を保っている（変動範囲は約705,000～776,000日・隻）。当海域に投下された漁獲努力量は安芸灘と伊予灘の各々5.0～6.7倍，0.7～0.8倍であり，伊予灘の場合と同様に大きな漁獲努力量が投下されているといえよう。

CPUE の経年変化は安芸灘と伊予灘で述べたように，漁獲努力量の変動範囲が小さいことから，漁獲量の増減変動がそのまま CPUE の変化となっている。すなわち，1968―70年の CPUE は0.007～0.014kg/日・隻という低い水準であったが，1971年以後においては，1976年の0.223kg/日・隻という低下が認められるものの，全体としては増加傾向にある。

以上のように，安芸灘，伊予灘及び周防灘におけるメイタガレイ漁獲量は各々大きな年変動を示しているものの，漁獲努力量については，伊予灘における近年の増加傾向を除くと，安芸灘と周防灘では顕著な傾向的変化もなく安定しているといえる。そして，近年，これらの海域における CPUE は増加傾向にあることから，いずれの海域における資源も1977年現在まで悪化の状態にあるとは考えられない。

CPUE の経年変化を各々の海域についてより詳細に検討すると以下のようになる。

1968―70年の 3 か年において，安芸灘では低下傾向を，そして伊予灘では逆に増加傾向を示しているが，周防灘では傾向的変化は認められない。

1970—72年の3年間では，安芸灘，伊予灘及び周防灘における CPUE は共に増加している。

1972—75年の4年間では，安芸灘では低下傾向にあるものの，周防灘では逆に増加傾向を示している。伊予灘では1973年に大きく低下した後増加傾向に転じている。

1975年以後では，安芸灘と伊予灘は共に増加しているにもかかわらず，周防灘では1976年に一時低下した後増加している。

このように，1968—77年の間の各灘における CPUE の年変動は一致しない。

## 分布と移動

メイタガレイにも季節的な移動をすることが知られている（渡辺　1965，陳・大滝　1974)。そこで，1980—82年の間，山口県床波，秋穂，大海及び向島各漁業協同組合所属の小型底びき網漁業者に依頼して得た操業日誌と「瀬戸内海漁業資源調査」の結果を合せて安芸灘，広島湾，伊予灘及び周防灘における漁業種類別（手ぐり2・3種）月別漁区別（緯経度5分桝目．Fig. 6）累積ひき網面積と漁獲量から 1 km² ひき網面積当り漁獲量を模式的に Figs. 7-8 に示した。

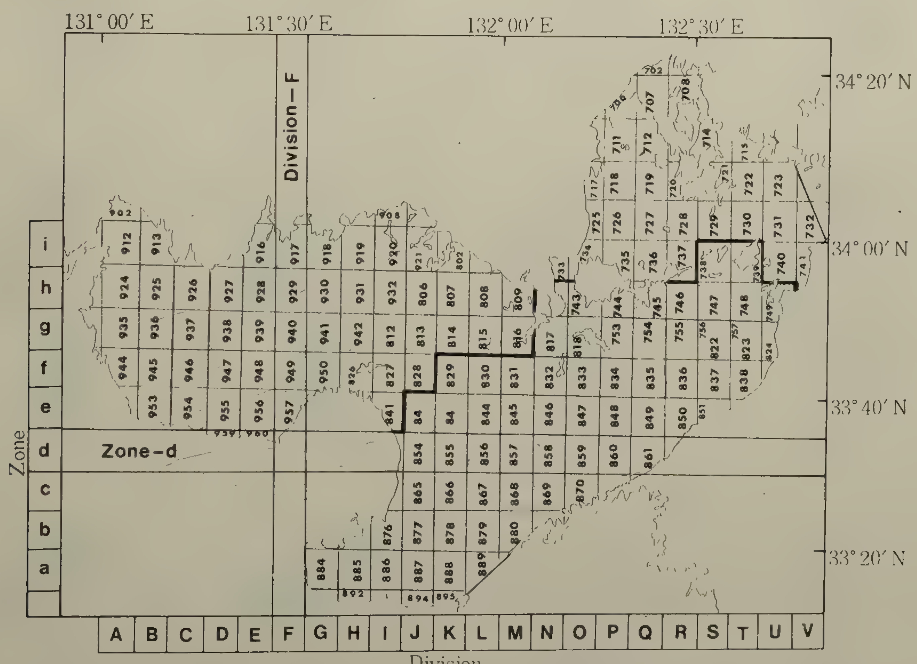
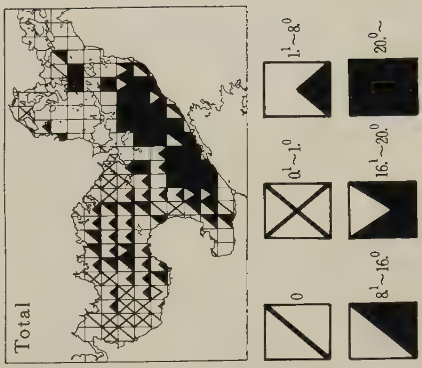



Fig. 6　Geographical breakdown of fishing areas, zones, and divisions used in this study.

手ぐり2種に対する漁期制限は定められていないが，周防灘における主操業期は春季～秋季である。一方，手ぐり3種の操業許可期間は11～4月の5か月間である。したがって，周防灘においては，手ぐり2種と3種の各々の密度分布図を組み合せることによって，周年にわたる分布密



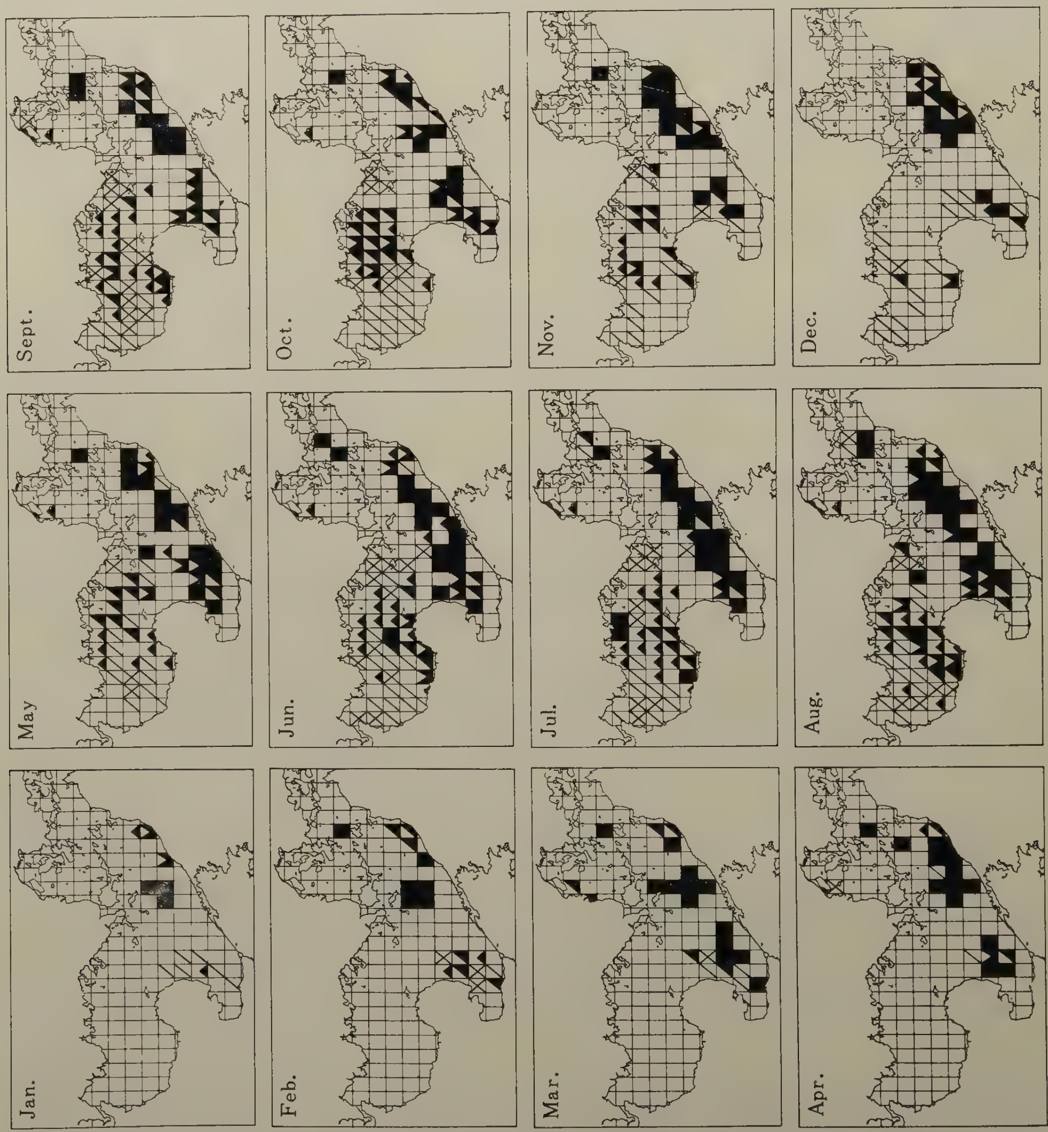




Fig. 7 Geographical distribution of density index by month based on the catch results of small trawl "Teguri type 2" of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea during the seasons 1978 to 1982. Figures are number of catch in kg per one km² trawled

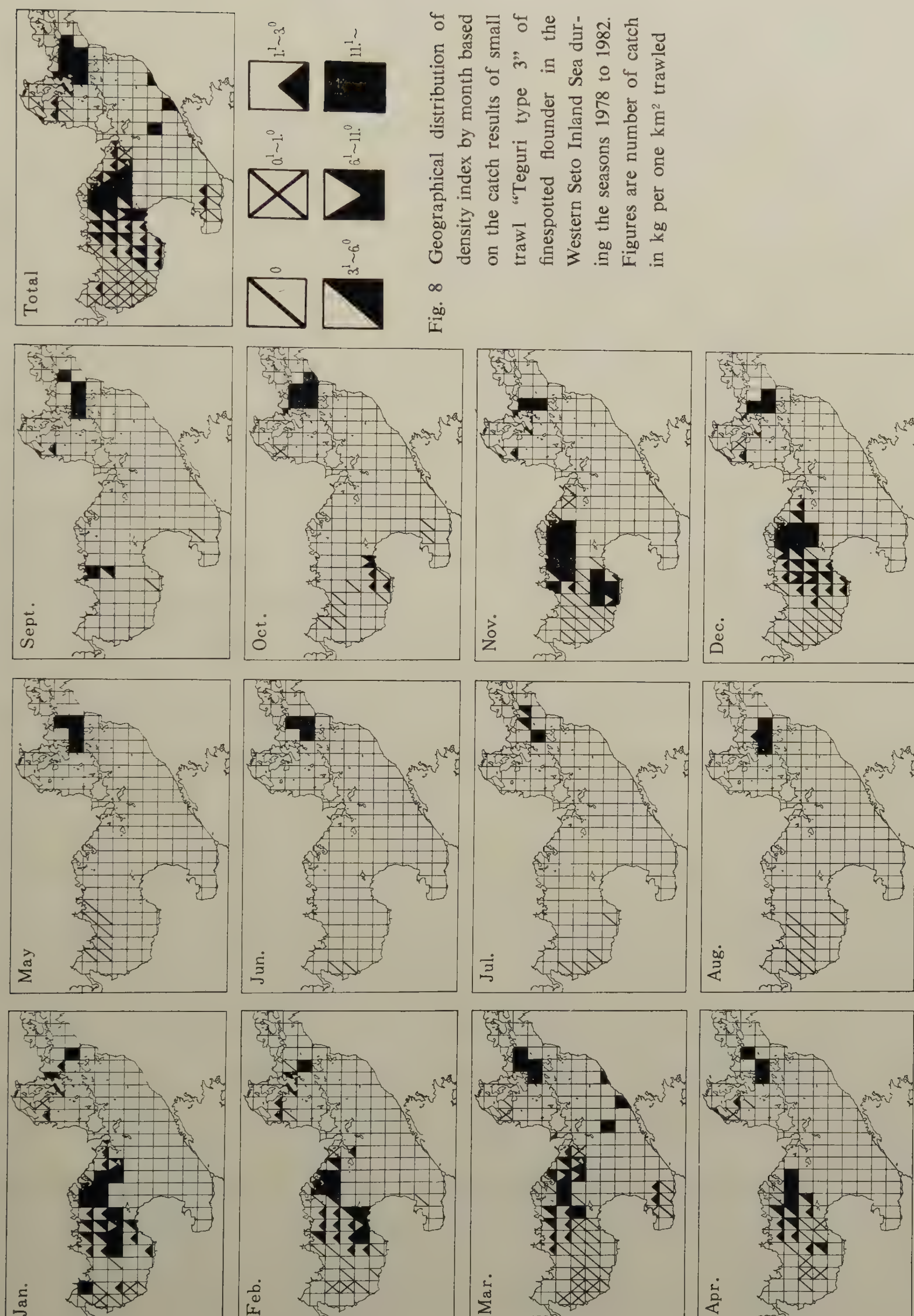



Fig. 8 Geographical distribution of density index by month based on the catch results of small trawl "Teguri type 3" of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea during the seasons 1978 to 1982. Figures are number of catch in kg per one km$^2$ trawled

度の変化を検討することが可能となる。

伊予灘においては，手ぐり2・3種とも操業許可期間は周年となっているが，手ぐり3種は手ぐり2種の漁獲努力量の約20%と小さく，得られる資料も少ないので，周年にわたって得られている手ぐり2種の資料により分布密度の季節的変化を検討した。

安芸灘における手ぐり2・3種の操業許可期間は周防灘とほぼ同様であるが，2隻の標本船のみの操業日誌に基づいているため操業海域が限定されており，当海域における分布と移動に関しては十分な検討ができなかった。

このように，手ぐり2種と3種の操業月と漁区が一致している資料が極めて少いために，両漁業種類間の漁獲性能比は現在まで得られていない。今後はこの漁獲性能比の解明を待ってより明確な密度分布図を作成し，本種の季節的移動に関する知見に再検討を加えたいと考えている。

周防灘におけるメイタガレイの密度分布を月別に検討すると以下のようになる。

**11月**：高密度分布域は灘東部本州寄りの漁区916－921，929—933と灘中部九州側の漁区947—950，955—956に認められる（**Fig. 7**)。経度的に見ると，区間Jにおいて最も密度が高く，区間D，Eの灘西部に向って密度は低くなっている（**Fig. 9**)。

**12月**：漁区919—921，928—807，812—813，949及び956に高密度分布域が見られ，11月と比較すると，高密度分布域は区間Gに集約されるとともに，より灘東部海域へと移っている。このことは **Fig. 9** の経度別分布密度のモードの位置も11月と比較してより灘東部に動いていることと，区間D～Hにおける CPUE は11月よりも相対的に小さくなっていることからも理解できる。

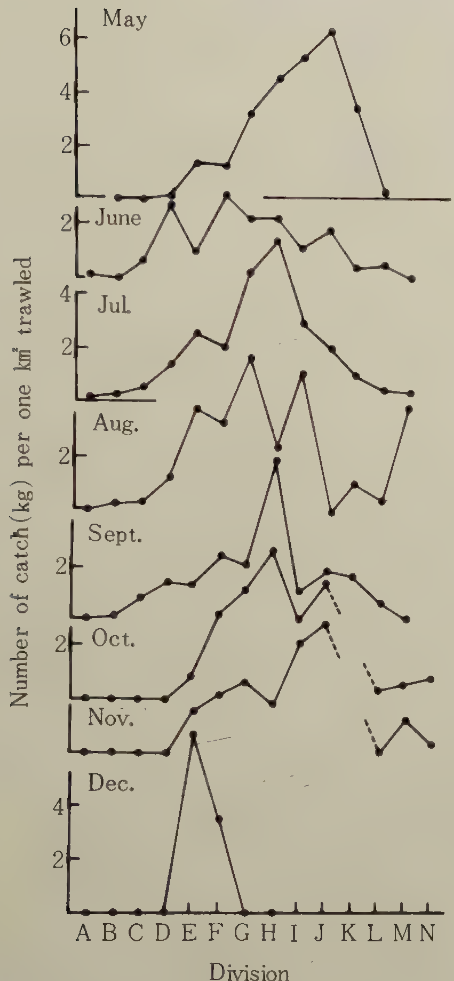
**1月**：高密度分布域は漁区917—918，920—921，929—930，932--807，939—942，814—815及び950に見られ，12月よりも東部に移っている（**Fig. 7**)。このことは **Fig. 9** のモードの位置が12月よりも東側に移っていることや区間K以東の CPUE の値が相対的に大きくなっていることからもわかる。

**2月**：主な高密度分布域は漁区912，802，932--808，942及び949—826の灘東部の本州側と姫島の北及び西側海域に認められ，1月に見られた分布の中心域の東進傾向がさらに顕著となって現れている。CPUE のモードも区間J～Kに移るとともに，区間F～Iの CPUE は1月よりも低下している。

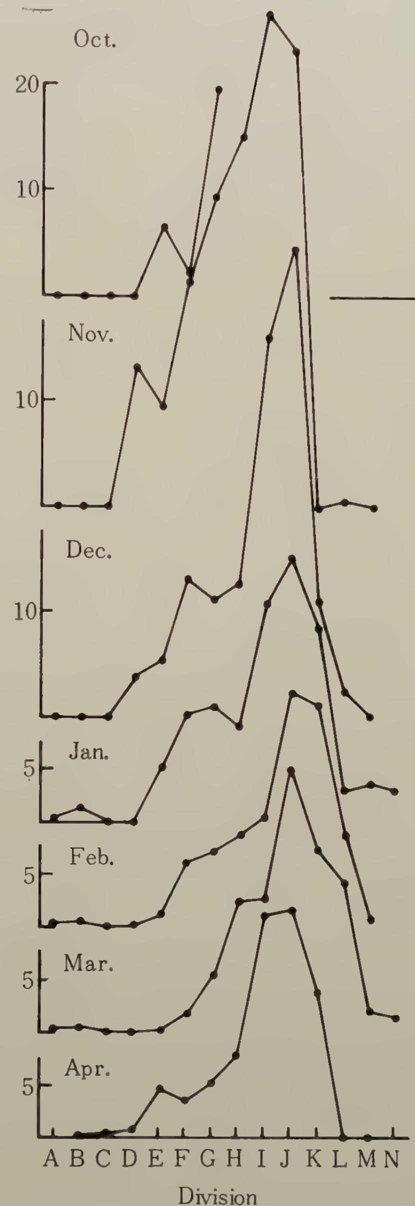
**3月**：高密度分布域は漁区918—919の灘中部海域に一部分残っているが，主たる高密度分布域は漁区802，932—808，942及び814—815のより東部の海域のg～h帯に移動している。さらに，経度的には区間H～Lに高密度分布域が集約され，年間で主分布域が最も東部の海域に存在する月である。

**4月**：3月に灘東端海域へ高密度分布域が移動したことを示したが，4月に入ると，西部海域に向けてその高密度分布域（漁区919，930—807，812，948）は移行しており，西進行動を開始したといえる。このことは **Fig. 9** のモードが区間I～Jに移っていることと，区間K以東の CPUE が相対的に低くなると共に区間H以西においては逆に CPUE は相対的に高くなっていることからも裏付けされる。

**5月**：高密度分布域は漁区919，931—806，941，913—914及び828に見られ，**Fig. 7** からは，




(Small trawl "Teguri" type 2)




(Small trawl "Teguri" type 3)

Fig. 9 Monthly change of the accumulative indices of abundance of finespotted flounder by 30 minutes longitude in the Sea of Suō.

4月の分布状態と大差はないが，Fig. 9 のモードの位置は区間Iにより，さらに，区間G～HのCPUEの値が相対的に4月よりもより西部海域に移行していることがわかる。

**6月**：本州側では顕著な高密度分布域の変化は認められない。しかしながら，九州側においては，高密度分布域が漁区940—941，949，826，828及び955—957に認められ，5月よりも西部海域に分布の中心が移動してきたことを示している。

**7月**：6月とは逆に，九州側では6月と比較して高密度分布域の顕著な変化は見られないが，

本州側においては漁区918―919に高密度分布域が認められ，灘中央部海域のG帯においても西部海域に向って CPUE は高くなっている。さらに，Fig. 9のモードの位置は区間Hにあり，灘の東西両方向に向って正規分布型で CPUE は低下している。

**8月**：高密度分布域は7月のそれと大差ないが，漁区926と945に高密度分布域が認められるように，7月よりも灘西部海域において分布密度が全体的に高くなり，メイタガレイは7月よりもより西部海域に移動していることをうかがわせる。

**9月**：全体としては8月の分布状態とほぼ同様であるが，8月に見られた灘西部海域の比較的分布密度の高い漁区が少くなっている。Fig. 9のモードの位置が7～8月には区間G～Hに存在していたが，9月には区間Hに移っている。これらのことから，9月に入ると西進から東進へと移動方向を変えると考えられる。

**10月**：高密度分布域は漁区918―920，929―806，941―942，813及び950の灘中央部海域に認められ，区間D以西の CPUE は極端に低くなっている。Fig. 9の10月における経度別密度分布のモードの位置は9月に見られた区間Hと同じであるが，区間I以東の分布密度は9月よりも相対的に大きくなっており，より東部海域へその分布の中心を移したことを示している。

伊予灘における密度分布の解析は，前述したごとく，手ぐり3種の資料が少いため，手ぐり2種の操業結果にのみ基づいて行った。

本灘における密度分布を月別に検討すると以下のようになる。

**1月**：高密度分布域は灘中央部海域である漁区847，858―859に見られる（Fig. 8)。しかしながら，松山及び別府湾沖合海域の灘東西両端海域では比較的分布密度は低い（Fig. 10)。

**2月**：高密度分布域は1月のそれと大差ないが，灘東西両端海域における分布密度は1月よりも高くなっている。

**3月**：高密度分布域は，1月や2月よりもその範囲を拡大しており，漁区833，847，858―860，870，849，866―868，878及び886に認められる。別府湾沖合の灘西部海域において分布密度の増大が顕著である。1月から3月までは Fig. 10のモードの位置が区間O～Pの間に認められ，かつ経月的に東西両端海域における分布密度が高くなっている。

**4月**：灘東部海域において3月よりも高密度分布域が拡大している。さらに，経度別分布密度の変化を示した Fig. 10のモードの位置は区間Qに移ると共に，灘西部海域の分布密度が1～3月よりも高くなっている。

**5～7月**：この期間は灘の東西両端海域へ高密度分布域が拡大してゆく。しかしながら，経度的な移動状況を Fig. 10から推察するならば，モードの位置は4月と同じく区間Qに認められるが，東部海域では中央部海域へ動いており，さらに西部海域における分布密度は経月的に高くなっている。これらのことから，分布の中心は大きく変化しないが，その分布域は灘西部海域に向って拡張していることがわかる。

**8～10月**：Fig. 8からもわかるように，この期間の分布状態は5～7月に見られた様相と大差はない。しかしながら，Fig. 10 で示した分布密度の経度的変化をみると，5～7月においては東高西低の分布密度であったが，8～10月の期間にはモードの位置が区間Qから区間M～Oに移

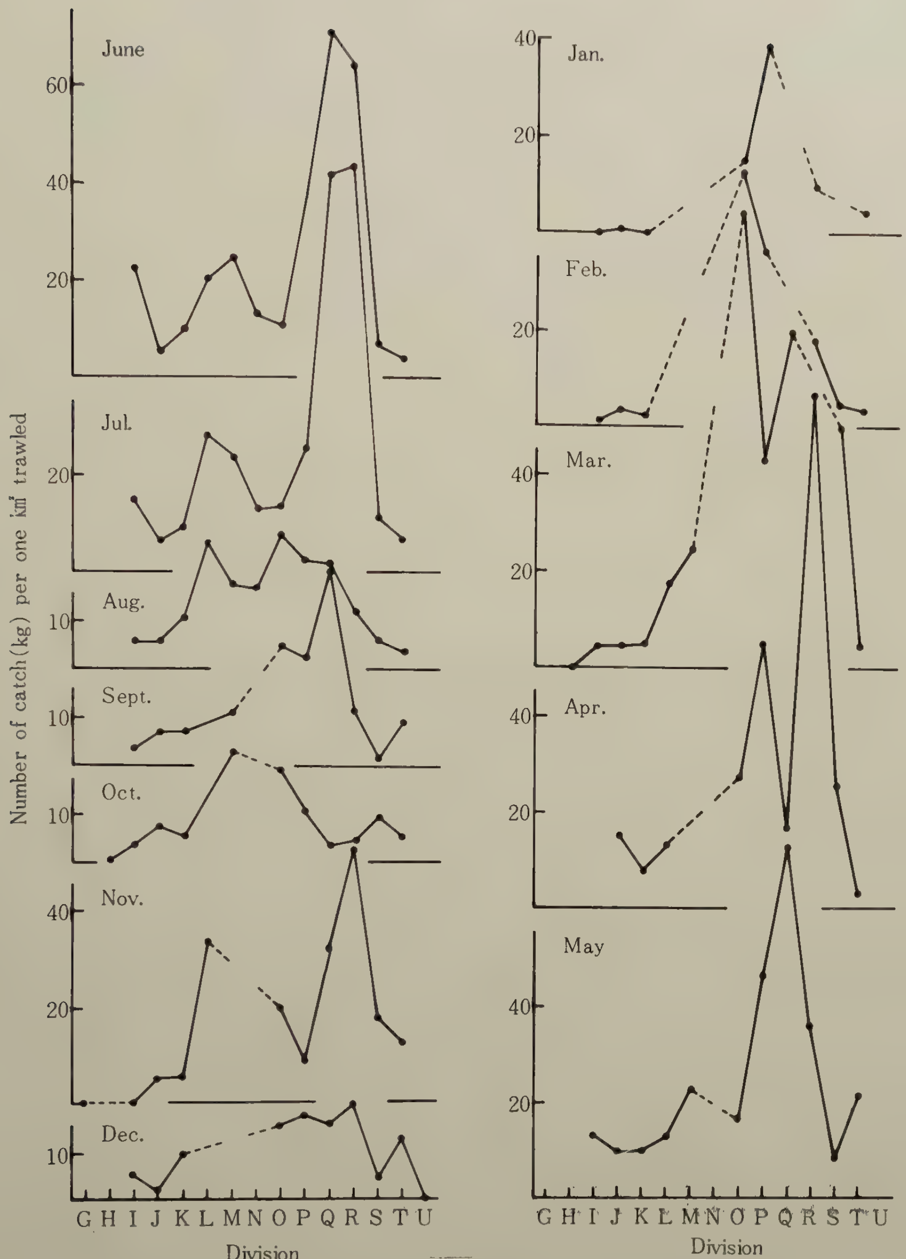



**Fig. 10** Monthly change of the accumulative indices of abundance of finespotted flounder by means of small trawl "Teguri" type 2 by 30 minutes longitude in the Sea of Iyo.

るとともに，モードの値は5～7月よりも低下している。さらに，Fig. 10 の分布密度の型がなだらかになっていることを合せて考えるならば，灘のより広範囲な海域において分布密度が均一化の方向に進んでいることを示している。

**11月**：灘西部海域における分布密度は相対的に低くなり，逆に東部海域では高くなる。

**12月**：11月に続いて灘西部海域では分布密度が低下するとともに東部海域においても低下が認められるようになり，灘中央部海域に分布が集約されてくる。さらに，**Fig. 10** で示したように，モードの位置は区間O～Pに移り，９月頃より分布の中心が灘中央部海域の東方域に向って移動し始めていることが推察される。

以上のように，周防灘においては，４月頃より灘東部海域から西部海域に向って移動を始め，10月頃になると逆転して東進移動を起す。一方，伊予灘では９月頃より灘東西両海域から中央部海域に移動を開始し，逆に２月頃から灘中央部海域から灘の東西両方向へと分散しながら移動する。

このように，周防灘と伊予灘の隣接水域である祝島，長島，八島及び平郡島周辺とそれらの沖合海域から各灘への移動開始時期に相違が認められることから，各灘に分布するメイタガレイ資源は各々特有の季節的移動形態を有すると考えられる。

## 両側有色現象を呈する個体の出現率

異体類の多くの種類において無眼側に有色現象の認められることが報告されている（松原他 1979)。無眼側に認められる有色現象は松原他（1979）も述べているように，メイタガレイにおいても，有眼側と全く同じように認められるもの（true ambicoloration)，有眼側ほど明瞭ではないが，ほぼ全域にわたって着色しているもの（staining type）及び体部位のいろいろの部分に斑点状に着色現象がある（spotting type）３様の有色現象が認められる。本研究ではこれら３様

Table 2 Rate of ambicoloration of finespotted flounder for the Sea of Aki, Iyo, Suō, and Hiroshima Bay.

| Fishing ground | Sex | No. of fishes examined | No. of fishes of ambicoloration | Rate of ambicoloration (%) |
|---|---|---|---|---|
| The Sea of Aki | M | 1,139 | 63 | 5.53 |
| | F | 961 | 39 | 4.06 |
| | UK | 60 | 0 | 0.00 |
| | To | 2,160 | 102 | 4.72 |
| Hiroshima Bay | M | 1,421 | 13 | 0.92 |
| | F | 1,576 | 15 | 0.95 |
| | UK | 384 | 0 | 0.00 |
| | To | 3,381 | 28 | 0.83 |
| The Sea of Iyo | M | 45 | 1 | 2.22 |
| | F | 65 | 1 | 1.54 |
| | To | 110 | 2 | 1.82 |
| The Sea of Suō | M | 751 | 2 | 0.27 |
| | F | 638 | 3 | 0.47 |
| | UK | 167 | 0 | 0.00 |
| | To | 1,556 | 5 | 0.32 |

M: male, F: female, UK: sex unknown, To: total

の有色状態を一括して有色出現個体として取り扱った。

無眼側の有色現象が遺伝に基づくものか，あるいは環境変化等による後天的な結果で生ずるのか現在のところ確かではない。

安芸灘（広島湾を除く），広島湾，伊予灘及び周防灘から採集した各々2,160，3,387，110及び1,556尾のメイタガレイの無眼側において有色現象が認められるか否かを調査し，その結果をTable 2 に示した。

安芸灘における無眼側での有色出現率は調査対象海域中最も高く雌雄各々4.1，5.5%，広島湾では1.0，0.9%，伊予灘では1.5，2.2%及び周防灘では最も低く0.5，0.3%である。

各海域における性間と海域間の有色出現率の有意差の検定結果を Table 3 に示した。各海域において雌雄間の無眼側に有色現象を呈する個体の割合の有意差を正規分布表によって検定すると，いづれの海域においても有意差は認められない。そこで，雌，雄及び性別不明個体を含めて海域間の有色出現率の差の検定を行い，安芸灘と広島湾及び安芸灘と周防灘の間に有意差の存在することが判明した。

Table 3 Results of the test of significant of the ambicoloration rate of finespotted flounder between sexes and among areas in the Western Seto Inland Sea.

| Area | Sex | I F | II F | II M+F | III F | III M+F | IV F | IV M+F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | M | — | | | | | | |
| I | M+F | | | ** | | — | | ** |
| II | M | | — | | | | | |
| II | M+F | | | | | — | | — |
| III | M | | | | — | | | |
| III | M+F | | | | | | | — |
| IV | M | | | | | | — | |

**: significant at 1% level, —:not significant.

## 計数的形質の性間及び海域間の差違

本研究では脊椎骨数，背鰭，臀鰭及び尾鰭各軟条数の組成を性別海域別に明らかにし，各海域における各形質の頻度分布の分散の均一性をＦ検定によって確めた。５％以下の水準で差が存在する場合には WELCH（1937）の方法によって，また有意差が認められない場合には t 検定によって性間の各形質の平均値の差の相違を調べた。性間に５％以下の水準で有意差が認められた海域においては雌雄別に，有意差が存在しない場合には雌雄を込みにした頻度分布を改めて求め，その分散の均一性の検定を行った後雌雄込みの平均値の差の有意性を検定した。

### 1. 脊椎骨数

海域Ⅰ～Ⅳで得られた標本の中，各々286，477，110及び204個体の脊椎骨数を調べた。脊椎骨

数は尾部棒状骨を含めたものであり，脊椎骨数組成を Table 4 に示した。脊椎骨数の変異範囲は，海域Ⅰ，Ⅱ及びⅣの3海域では35～39個であったが，海域Ⅲにおいては他海域よりも狭く36～39個である。北森（1964）は瀬戸内海産メイタガレイの脊椎骨数は37～38個であると報告しており，今回の調査で得た変異範囲よりも狭い。一方，東シナ海・黄海産メイタガレイの変異範囲は34～40個であると報告されている（陳・大滝 1974)。さらに，今回得た結果も北森（1964）の結果もともに脊椎骨数組成のモードは37個に見られるが，東シナ海・黄海産のメイタガレイでは38個にモードが認められ，明らかに両者の系統群は別個のものであるといえよう。

Table 4 Results of the counting of vertebrae by sex and by area of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Number of vertebrae | Area / Sex | I M | I F | II M | II F | III M | III F | IV M | IV F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | | 1 | | 3 | 2 | | | | 1 |
| 36 | | 14 | 15 | 37 | 33 | 9 | 3 | 1 | 9 |
| 37 | | 112 | 87 | 146 | 158 | 25 | 49 | 58 | 71 |
| 38 | | 33 | 23 | 49 | 45 | 11 | 12 | 36 | 27 |
| 39 | | | 1 | | 4 | | 1 | | 1 |

各海域における雌雄別平均脊椎骨数と差の有意性の検定結果を Table 5 に示したが，海域Ⅳにおいてのみ5％の水準で差が認められた。

Table 5 Results of the test of the differences in the mean number of vertebrae between sexes of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | Male | Female | $t_0$ | Sex combined |
|---|---|---|---|---|
| I | 37.11±0.09 | 37.08±0.10 | 0.400 | 37.09±0.07 |
| II | 37.18±0.06 | 37.12±0.05 | 0.685 | 37.05±0.06 |
| III | 37.12±0.05 | 37.12±0.05 | 1.059 | 37.12±0.11 |
| IV | 37.37±0.10 | 37.17±0.12 | 2.551* | 37.26±0.08 |

*: significant at 5% level of significance between sexes, $t_0$: value of t observed.

Table 6 Results of the test of the differences in the mean number of vertebrae of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area / Sex | | II M+F | III M+F | IV M | IV F |
|---|---|---|---|---|---|
| I | M+F | ** | — | ** | — |
| II | M+F | | — | ** | — |
| III | M+F | | | — | ** |

M+F: sex combined, F: female, M: male, *: significant at 5%level, **: significant at 1% level, —: not significant.

性間に有意差が認められなかった海域Ⅰ～Ⅲにおいては雌雄を込みにして，海域Ⅳは雌雄別に各海域間の平均脊椎骨数の差の有意性の検討結果を Table 6 に示した。

海域ⅠとⅡ，海域ⅡとⅣの雄及び海域ⅢとⅣの雌との間に1％水準で差が認められた。

## 2. 背鰭軟条数

海域Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ及びⅣにおける雌雄別背鰭軟条数組成を Table 7 に示した。海域Ⅱにお

Table 7 Results of the counting of soft rays of each fin of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Number of soft rays | | Frequency | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Area I | | Area II | | Area III | | Area IV | |
| | | M | F | M | F | M | F | M | F |
| Number of dorsal soft rays | 68 | | | 1 | | | | | |
| | 69 | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | |
| | 71 | | | 1 | | | | 1 | |
| | 72 | | | 4 | 1 | | | | |
| | 73 | 4 | 1 | 6 | 1 | 1 | | 2 | |
| | 74 | 3 | 3 | 8 | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| | 75 | 2 | 5 | 11 | 7 | 3 | 2 | 5 | 1 |
| | 76 | 8 | 9 | 18 | 12 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| | 77 | 17 | 11 | 26 | 19 | 6 | 9 | 6 | 7 |
| | 78 | 9 | 11 | 33 | 29 | 2 | 9 | 9 | 7 |
| | 79 | 20 | 11 | 36 | 38 | 6 | 6 | 13 | 5 |
| | 80 | 13 | 5 | 23 | 29 | 4 | 8 | 5 | 18 |
| | 81 | 6 | 8 | 19 | 32 | 4 | 8 | 4 | 10 |
| | 82 | 7 | 10 | 13 | 16 | 7 | 6 | 6 | 4 |
| | 83 | 7 | 4 | 9 | 10 | 2 | 1 | 4 | 5 |
| | 84 | 4 | 7 | 5 | 8 | 2 | 5 | | 5 |
| | 85 | 1 | 5 | | 1 | | 2 | | |
| | 86 | | | 1 | | | 1 | | 2 |
| | 87 | | | | | 1 | 1 | 2 | |
| | 88 | | | | 2 | | | | |
| Number of anal soft rays | 50 | | | 1 | | | | | |
| | 51 | 1 | | | | 1 | | | |
| | 52 | | | | | | | | |
| | 53 | 1 | | 5 | 3 | 1 | | | |
| | 54 | | 1 | 3 | 1 | | | | 1 |
| | 55 | 2 | | 5 | 3 | 2 | 5 | 5 | 1 |
| | 56 | 8 | 8 | 18 | 17 | 3 | 3 | 6 | 6 |
| | 57 | 16 | 8 | 39 | 23 | 8 | 7 | 10 | 6 |
| | 58 | 23 | 10 | 50 | 43 | 5 | 12 | 13 | 11 |
| | 59 | 12 | 24 | 29 | 35 | 5 | 11 | 12 | 13 |
| | 60 | 18 | 7 | 23 | 45 | 5 | 7 | 8 | 13 |
| | 61 | 10 | 12 | 26 | 20 | 8 | 9 | 5 | 8 |
| | 62 | 5 | 14 | 8 | 10 | 5 | 5 | 2 | 8 |
| | 63 | 3 | 2 | 5 | 3 | | 2 | | 2 |
| | 64 | 2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| | 65 | | | 1 | 2 | | | 1 | 1 |
| | 66 | | | 2 | | 1 | | | |
| | 67 | | | | | | | | |
| | 68 | | 1 | | | | | | |
| | 69 | | 1 | 1 | | | | | |
| Number of caudal soft rays | 16 | | | | | 1 | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 18 | | | 5 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 19 | 96 | 86 | 199 | 200 | 39 | 64 | 63 | 68 |
| | 20 | 6 | 5 | 12 | 7 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| | 21 | | | 1 | 2 | | | | |

ける背鰭軟条数の変異範囲は最も広く（68—88条），海域Ⅰで最も狭い（73—85条）。

海域別性別平均背鰭軟条数と性間差の有意性の検定結果を Table 8 に示した。海域ⅡとⅣで

Table 8 Results of the t-test of the differences in the number of dorsal, anal, and caudal soft rays between sexes of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| | Male | Female | $t_0$ | Sex combined |
|---|---|---|---|---|
| **Dorsal soft rays** | | | | |
| Area I | 78.86±0.54 | 79.34±0.65 | 1.142 | 79.18±0.42 |
| Area II | 78.36±0.38 | 79.36±0.35 | 3.847** | (78.85±0.26) |
| Area III | 79.04±0.94 | 79.62±0.73 | 0.688 | 79.38±0.57 |
| Area IV | 78.53±0.77 | 79.78±0.63 | 2.530* | 79.17±0.49 |
| **Anal soft rays** | | | | |
| Area I | 58.74±0.44 | 59.71±0.36 | 2.823** | (59.20±0.34) |
| Area II | 58.85±0.33 | 58.90±0.28 | 1.697 | 58.71±0.22 |
| Area III | 59.09±0.79 | 59.00±0.63 | 0.183 | 59.04±0.48 |
| Area IV | 58.60±0.57 | 59.31±0.52 | 1.854 | 58.97±0.38 |
| **Caudal soft rays** | | | | |
| Area I | 19.06±0.05 | 19.06±0.05 | 1.065 | 19.06±0.03 |
| Area II | 19.04±0.04 | 19.07±0.05 | 0.907 | 19.03±0.03 |
| Area III | 18.98±0.17 | 19.00±0.04 | 0.269 | 18.99±0.07 |
| Area IV | 19.00±0.04 | 19.00±0.04 | 0.000 | 19.00±0.03 |

*: significant at 5% level, **: significant at 1% level, $t_0$: value of t observed.

Table 9 Results of the test of the differences in the mean number of soft rays of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

Caudal soft rays

| Area | | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Sex | | M+F | M+F | M+F |
| I | M+F | — | — | * |
| II | M+F | | — | — |
| III | M+F | | | — |

Anal soft ray

| Area | | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Sex | | M+F | M+F | M+F |
| I | M | — | * | — |
| I | F | ** | — | * |
| II | M+F | | — | — |
| III | M+F | | | — |

Dorsal soft rays

| Area | | II | II | III | IV | IV |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | M | F | M+F | M | F |
| I | M+F | * | — | ** | — | — |
| II | M | | | ** | — | ** |
| II | F | | | — | * | — |
| III | M+F | | | | — | ** |

Abbreviations are the same as Table 6.

は性間に有意差が認められたので，これらの海域では雌雄別に海域間の平均背鰭軟条数の差の有意性を検定し，その結果を Table 9 に示した。

海域ⅠとⅢ，海域Ⅱの雄とⅢ，海域ⅢとⅣの雌の間には各々１％の水準で差が，及び海域ⅠとⅡの雄との間には５％の水準で差が認められた。

### 3. 臀鰭軟条数

海域別性別の臀鰭軟条数組成を Table 7 に示した。背鰭軟条数と同様に，海域Ⅱにおける臀鰭軟条数の変異範囲は最も広く（50—69条），海域Ⅳで最も狭い（54—65条）。

平均臀鰭軟条数の性間の差の有意性検定結果を Table 8 に示したが，海域Ⅰにおいてのみ1％水準で差が認められた。Table 9 に示したごとく，海域Ⅰの雌とⅡの間には1％水準で，そして海域Ⅰの雄とⅢ，海域Ⅰの雌とⅣの間には5％水準で各々差が存在する。

### 4. 尾鰭軟条数

全ての海域において，雌雄とも尾鰭軟条数組成のモードは19条であり，その変異範囲は16—21条である（Table 7)。

Table 8 に平均尾鰭軟条数と各海域における性間の差の有意性の検定結果を示したが，海域Ⅰ～Ⅳの全ての海域において有意差は認められない。

海域間の平均尾鰭軟条数の差の有意性の検定結果を Table 9 に示した。海域ⅠとⅣの間においてのみ5％水準で差が認められた。

## 標準体長に対する体部位の相対成長

魚類の大きさを表わすのに全長が最も容易に測定できることから多用されているが，尾鰭先端部は軟弱であり，時として欠損することがあって，不完全な形態を呈する例が多い。したがって，生物学的には標準体長（S.L.）が最も正確な長さを示すと考えるので，本研究では標準体長をメイタガレイの体軸長の基準として他の体部位長とを比較した。

比較を行った体部位は Fig. 2 に示したごとく，全長（T. L.)，頭長（H. L.)，臀鰭後縁から尾鰭先端まで（P. A.)，背鰭後縁から尾鰭先端まで（P. D.)，吻端から臀鰭前縁まで（Pr. A.)，吻端から無眼側腹鰭前縁まで（P. V.）及び吻端から肛門中央部まで（P. As.）の7か所である。標準体長とこれら7か所の体部位長との一次関係式を Table 10 に，関係図を Figs. 11～17 に海域別性別に示した。各一次関係式の“傾斜”と“位置”の差の有意性の検定は伊藤（1953）の方法によって行った。

以下に述べる標準体長と体部位長との関係については上記の略号を用いて説明する。

### 1. S. L.—T. L. との関係

1㎜単位で海域別性別に S. L.-T. L. の関係を Fig. 11 に示し，最小2乗法で求めた関係式を Table 10 に示した。各海域における一次関係式の性間における“傾斜”と“位置”の差の有意性検定結果を Table 11 に示した。

海域Ⅰにおいては“傾斜”の差に，そして海域Ⅳでは“位置”の差に関して5％水準で相違が認められた。海域ⅡとⅢでは，“傾斜”と“位置”の両方において有意差が認められないので，雌雄を込みにして海域間差の検定を行った。

“傾斜”の差について，海域Ⅰの雄とⅢ及びⅣの雄，海域Ⅰの雌とⅢ及びⅣの雌との間には前

Table 10 Regression relationship between partial length of fish body on standard body length by sexes and by areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Sex | Male | | | Female | | | Sex combined | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Area | n | R | regression estimate | n | R | regression estimate | n | R | regression estimate |
| **Total body length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 1,120 | 5.2−18.5 | T.L.=1.276 S.L.+0.152 | 954 | 7.1−20.7 | T.L.=1.263 S.L.+0.329 | 2,074 | 5.2−20.7 | T.L.=1.270 S.L.+0.236 |
| II | 1,398 | 6.5−19.4 | T.L.=1.258 S.L.+0.243 | 1,566 | 6.8−23.6 | T.L.=1.237 S.L.+0.434 | 2,964 | 6.5−23.6 | T.L.=1.260 S.L.+0.159 |
| III | 44 | 13.1−20.5 | T.L.=1.233 S.L.+0.774 | 65 | 13.2−23.2 | T.L.=1.215 S.L.+0.979 | 109 | 13.1−23.2 | T.L.=1.214 S.L.+1.034 |
| IV | 647 | 5.2−20.2 | T.L.=1.258 S.L.+0.298 | 566 | 5.2−20.8 | T.L.=1.250 S.L.+0.339 | 1,213 | 5.2−20.8 | T.L.=1.253 S.L.+0.328 |
| **Head length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 691 | 8.1−16.9 | H.L.=0.196 S.L.+0.327 | 539 | 8.4−17.0 | H.L.=0.199 S.L.+0.331 | | | |
| II | 705 | 8.0−17.8 | H.L.=0.174 S.L.+0.564 | 772 | 8.2−18.4 | H.L.=0.194 S.L.+0.359 | | | |
| IV | 605 | 5.3−14.2 | H.L.=0.180 S.L.+0.521 | 510 | 5.8−14.9 | H.L.=0.189 S.L.+0.446 | | | |
| **Post-anal length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 214 | 10.2−16.9 | P.A.=0.319 S.L.+0.343 | 223 | 10.5−17.0 | P.A.=0.289 S.L.+0.754 | 437 | 9.6−18.2 | P.A.=0.303 S.L.+0.575 |
| II | 381 | 8.9−17.8 | P.A.=0.307 S.L.+0.422 | 360 | 9.7−20.9 | P.A.=0.322 S.L.+0.214 | 741 | 8.7−20.9 | P.A.=0.297 S.L.+0.511 |
| IV | 207 | 7.6−14.6 | P.A.=0.308 S.L.+0.340 | 208 | 8.3−14.9 | P.A.=0.338 S.L.+0.010 | 415 | 7.6−16.0 | P.A.=0.324 S.L.+0.167 |
| **Post-dorsal length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 212 | 10.2−16.9 | P.D.=0.326 S.L.+0.319 | 221 | 10.5−17.0 | P.D.=0.266 S.L.+1.090 | 433 | 9.6−18.2 | P.D.=0.305 S.L.+0.592 |
| II | 380 | 8.9−17.7 | P.D.=0.317 S.L.+0.293 | 378 | 9.6−20.9 | P.D.=0.327 S.L.+0.156 | 758 | 8.7−20.9 | P.D.=0.296 S.L.+0.534 |
| IV | 207 | 7.8−14.6 | P.D.=0.314 S.L.+0.324 | 205 | 8.3−14.9 | P.D.=0.335 S.L.+0.087 | 412 | 7.4−16.0 | P.D.=0.322 S.L.+0.231 |
| **Pre-anal length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 244 | 9.6−16.9 | Pr.A.=0.216 S.L.+0.268 | 237 | 9.8−17.0 | Pr.A.=0.180 S.L.+0.627 | | | |
| II | 396 | 8.9−17.8 | Pr.A.=0.202 S.L.+0.390 | 282 | 9.7−20.9 | Pr.A.=0.181 S.L.+0.576 | | | |
| IV | 215 | 7.6−14.2 | Pr.A.=0.209 S.L.+0.345 | 222 | 8.3−14.9 | Pr.A.=0.181 S.L.+0.651 | 437 | 7.4−16.0 | Pr.A.=0.189 S.L.+0.553 |
| **Pre-ventral length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 245 | 9.6−16.9 | P.V.=0.136 S.L.+0.311 | 236 | 9.8−17.0 | P.V.=0.135 S.L.+0.295 | 481 | 9.0−18.2 | P.V.=0.140 S.L.+0.262 |
| II | 387 | 9.7−20.9 | P.V.=0.115 S.L.+0.572 | 394 | 8.9−17.8 | P.V.=0.104 S.L.+0.654 | | | |
| IV | 213 | 7.6−14.2 | P.V.=0.129 S.L.+0.443 | 212 | 8.3−14.9 | P.V.=0.109 S.L.+0.646 | 425 | 7.6−16.0 | P.V.=0.123 S.L.+0.505 |
| **Pre-anus length on standard body length** | | | | | | | | | |
| I | 257 | 9.4−16.9 | P.As.=0.185 S.L.+0.310 | 244 | 9.7−17.0 | P.As.=0.164 S.L.+0.501 | | | |
| II | 399 | 8.9−17.8 | P.As.=0.150 S.L.+0.553 | 389 | 9.7−20.9 | P.As.=0.147 S.L.+0.626 | | | |
| IV | 208 | 7.6−14.2 | P.As.=0.176 S.L.+0.441 | 214 | 8.3−14.9 | P.As.=0.143 S.L.+0.787 | 422 | 7.6−16.0 | P.As.=0.157 S.L.+0.636 |

n: number of specimens, R: range of standard body length (cm), S. L.: standard body length (cm), T. L.: totan body length (cm), H. L.: head length (cm), P. A.: post-anal length (cm), P. D.: post-dorsal length (cm), Pr. A.: pre-anal length (cm), P. V.: pre-ventral length (cm), P. As.: pre-anus length (cm).

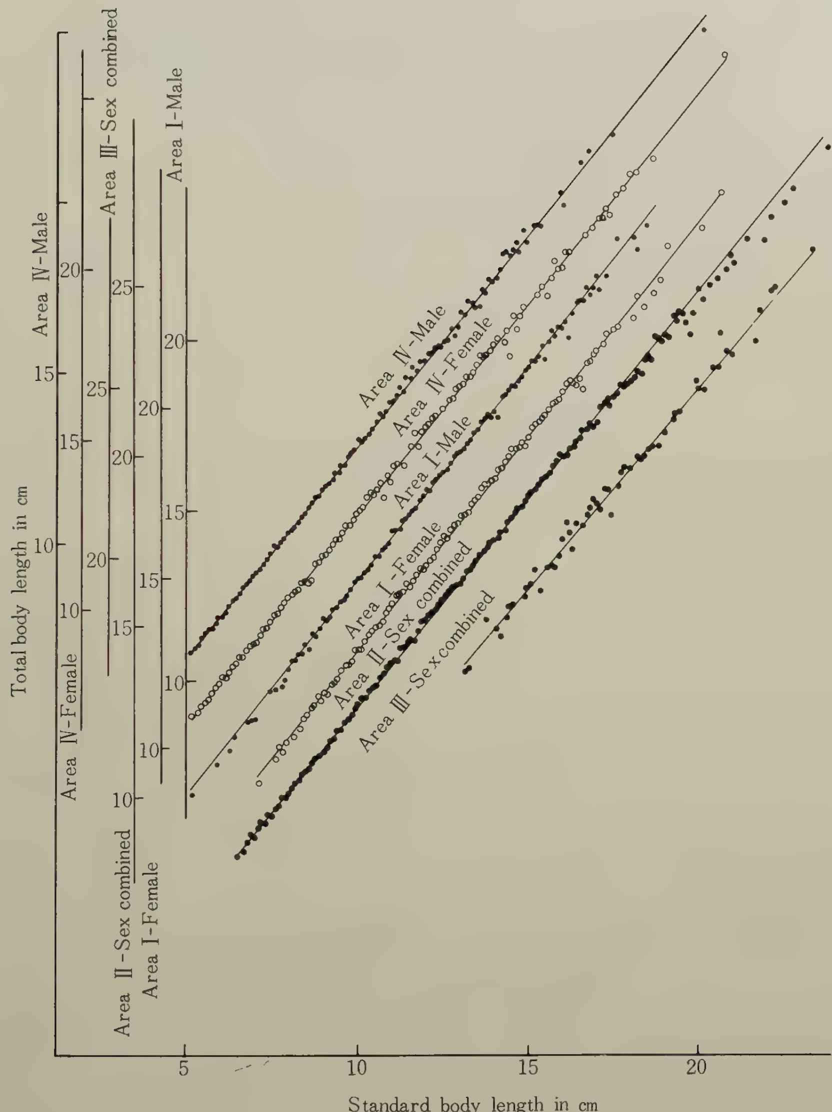



**Fig. 11** Regression relationship between standard body length and total body length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

3者の間では1％の，後者では5％の水準で差が存在する。さらに，海域ⅢとⅣの雌の間にも1％水準で有意差が認められた。

“位置”の差については，海域Ⅰの雄とⅡ，Ⅲ及びⅣの雄，また海域Ⅰの雌とⅡ，Ⅳの雌及びⅢとの間においては前5者では1％水準で，最後の海域間では5％水準で有意差が存在する。さらに，海域ⅡとⅣの雄との間には5％水準で，海域ⅢとⅣの雄及び雌との間には1％水準で有意差が認められた。

S. L. 14cm以下の個体では，海域Ⅲでは他のいずれの海域におけるよりも T. L. が大きい。しかしながら，海域Ⅰの雌では S. L. 14.4cm，海域Ⅳの雄では16.4cm，雌では18.9cm，海域Ⅱでは

Table 11　Results of the test of significances of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and total body length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | I | | II | | III | | IV | | IV | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | F | | M+F | | M+F | | M | | F | |
| Factor | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I　M | * | — | — | ** | ** | ** | ** | ** | | |
| I　F | | | — | ** | ** | * | | | * | ** |
| II M+F | | | | | — | — | — | * | — | — |
| III M+F | | | | | | | — | ** | ** | ** |
| IV　M | | | | | | | | | — | * |

S: slope difference of the regression, P: position difference of the regression,
*: significant at 5% level, **: significant at 1% level, —: not significant.

18.7cm以上においていずれも海域Ⅲの個体の方が T. L. は小さい。海域Ⅰの雌雄間では S.L. 12.8cm以上では雄の方が T. L. は大きい。海域Ⅰの雄とⅣの雌雄各々との間には S. L. 7.2及び8.2cm以上では前者の方が T. L. は大きい。海域Ⅰの雌はⅣの雌雄のいずれよりも T. L. は大きい。さらに，海域ⅡとⅣの雌との間では S. L. 18.1cm以下において前者の方が T. L. は小さく，海域Ⅳの雄と比較するといずれの S. L. においても前者の方が T. L. は小さい。

## 2. S. L.—H. L. との関係

海域Ⅲでは標本数が少いために S. L. と H. L. との関係式は求められなかったが，海域Ⅰ，Ⅱ及びⅣにおける関係を Fig. 12 に，関係式を Table 10 に示した。この３つの海域における性間及び海域間における関係式の "傾斜" と "位置" の差の有意性検定結果を Table 12 に示した。この結果からわかるように，全ての海域において雌雄間で "位置" の差に１％水準で相違が認められた。"傾斜" の差に関して，海域Ⅰでは１％水準で，そして海域Ⅱでは５％水準で有意差が存在する。

海域間の有意差は海域Ⅰの雄とⅡ及びⅣの雄との間に各々 "傾斜" と "位置" の差の両方に関して１％水準で認められた。海域Ⅰの雌とⅡ及びⅣの雌との間において "位置" の差に関して１％水準で，そして海域Ⅰの雌とⅣの雌との間には "傾斜" の差に５％水準で相違が存在する。さらに，海域Ⅱの雌雄とⅣの雌雄との各々の間において１％水準で "位置" の差に有意性が認められた。

海域Ⅰではいかなる S. L. においても雌の方が H. L. は大きいが，海域Ⅱでは S. L. 10.5cm以上で雌の方が，10.5cm以下では雄の方が H. L. は大きい。そして，海域Ⅳでは S. L. 8.0cm以上の個体は雌の方が H. L. は大きい。

海域間では，雌雄とも，海域Ⅰが他の海域ⅡやⅣよりも H. L. は大きい。

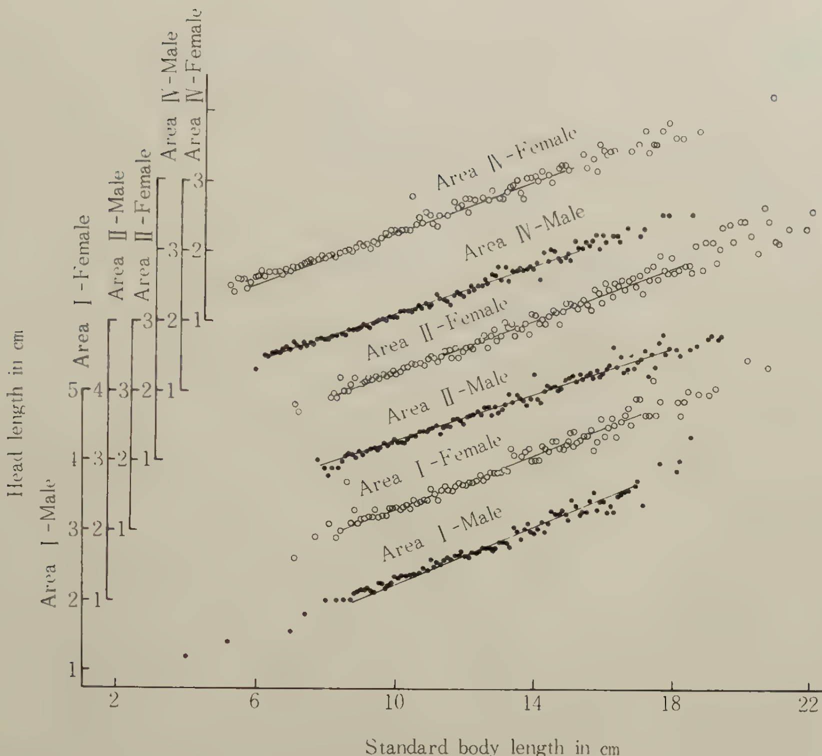



Fig. 12 Regression relationship between standard body length and head length of finespotted flounder by sexes and by areas in the Western Seto Inland Sea.

Table 12 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and head length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | M | | F | | M | | F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | ** | ** | ** | ** | | | ** | ** | | |
| | F | | | | | — | ** | | | * | ** |
| II | M | | | | | * | ** | — | ** | | |
| | F | | | | | | | | | — | ** |
| IV | M | | | | | | | | | — | ** |

Abbreviations are the same as Table 11.

### 3. S. L.—P. A. との関係

S. L. と P. A. との関係式を Table 10 に，関係図を Fig. 13 に海域別性別に示した。関係式の "傾斜" と "位置" の差の性間における相違の検定結果を Table 13 に示した。海域Ⅳの雌雄間においてのみ "傾斜" の差に 5 ％水準で相違が認められた。

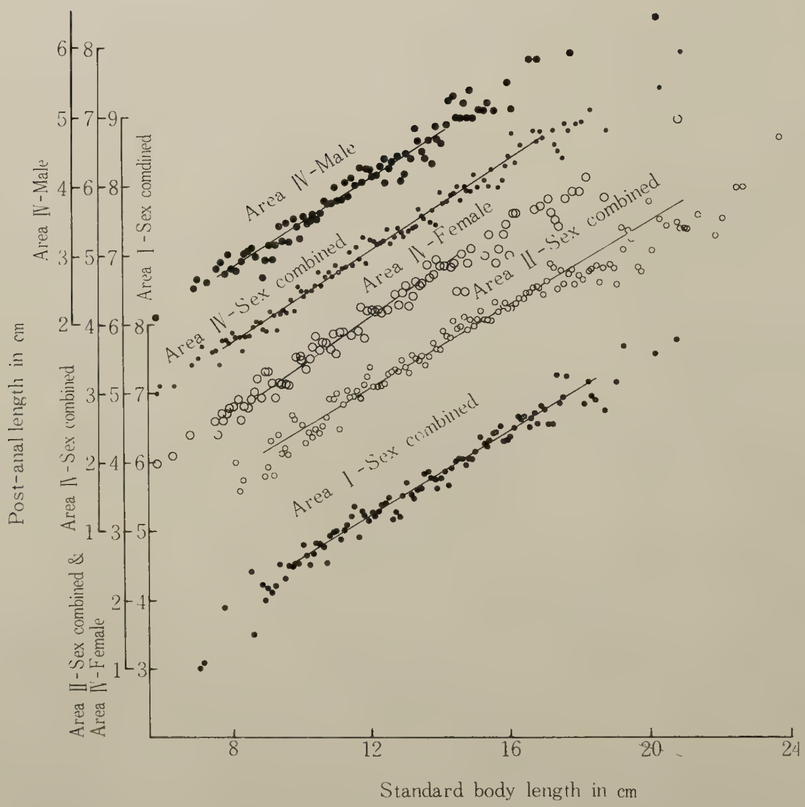



Fig. 13 Regression relationship between standard body length and post-anal length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

Table 13 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and post-anal length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | F | | M+F | | M | | F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | — | — | | | | | | | | |
| I | M+F | | | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| II | M | | | — | — | | | | | | |
| II | M+F | | | | | | | — | ** | ** | — |
| IV | M | | | | | | | | | * | — |

Abbreviations are the same as Table 11.

海域間における関係式の相違の検定結果から，海域Ⅰ とⅡ及びⅣの雌雄との各々の間には "傾斜" と "位置" の両方の差に関して1％水準で相違が存在する。海域Ⅱ とⅣの雄との間には "位置" の差において，また，海域Ⅱ とⅣの雌との間には "傾斜" の差に各々1％水準で有意性が認

められた。

海域Ⅰと Ⅱ 及びⅣの雄の個体群間においては海域Ⅰの方が P. A. は大きい。海域Ⅰと Ⅳ の雌及び海域Ⅱと Ⅳ の雌雄との各々の間には S. L. 15.8, 12.4及び15.9cm以下においてともに前者の方が P. A. は大きい。海域Ⅳでは S. L. 11.0cm以上において雌の方が, 11.0cm以下では雄の方が P. A. は大きい。

### 4. S. L.—P. D. との関係

S. L. と P. D. との関係式と関係図を Table 10 と Fig. 14 に示した。

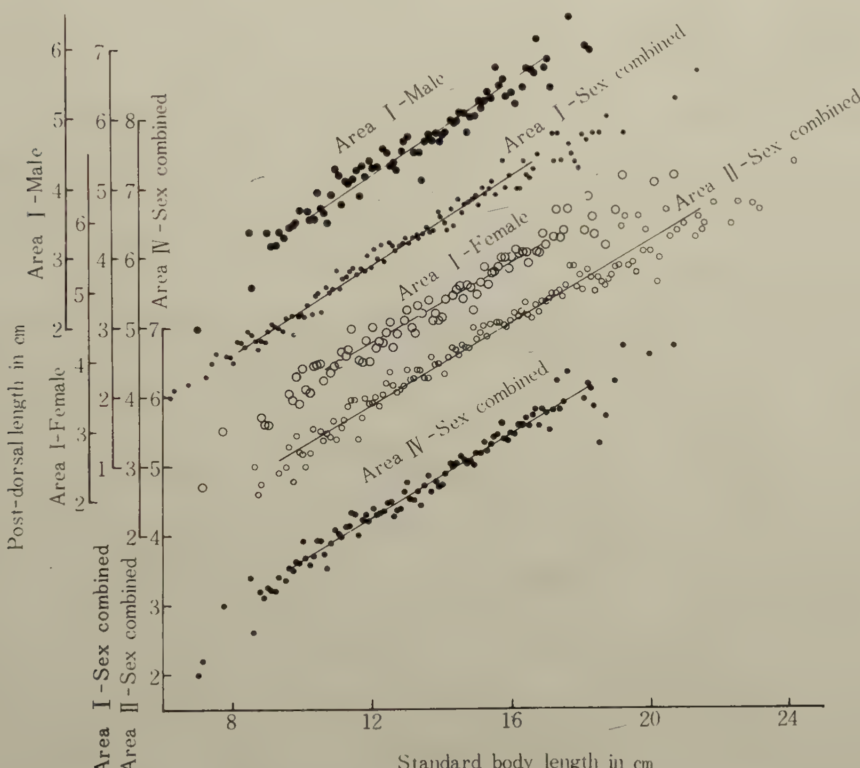



Fig. 14 Regression relationship between standard body length and post-dorsal length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

関係式の "傾斜" と "位置" の差の性間における有意性の検定結果を Table 14 に示したように, 海域Ⅰの "傾斜" の差においてのみ5％水準で相違が認められた。

海域間の関係式の相違の検定結果は海域Ⅰの雌雄各々とⅡ及び海域Ⅰの雄とⅣの雄との間において "位置" の差において1％水準で有意性の存在することを示している。海域Ⅰの雌とⅣの雌との間では "傾斜" と "位置" の差の両方において1％水準で相違を認めた。さらに, 海域ⅡとⅣの間で "傾斜" の差に1％水準で有意な相違が存在する。

Table 14 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and post-dorsal length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | F | | M+F | | F | | M+F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | * | — | | | — | ** | | | — | ** |
| I | F | | | | | — | ** | | | ** | ** |
| II | M | | | — | — | | | | | | |
| II | M+F | | | | | | | | | ** | — |
| IV | M | | | | | | | — | — | | |

Abbreviations are the same as Table 11.

全ての海域のうち，海域Ⅰの雄は S. L. 13. 0cm以上において最も P. D. は大きい。海域Ⅰの雌とⅣ及びⅡとの間では各々 S. L. 15. 5及び18. 6cm以上において後者の方が P. D. は大きい。海域ⅡとⅣ及びⅠの雄との間では各々 S. L. 11. 9, 7. 4cm以上において後者の方が P. D. は長い。

## 5. S. L.—Pr. A. との関係

Table 10 と Fig. 15 に S. L. と Pr. A. との一次関係式と関係図を海域別性別に示した。

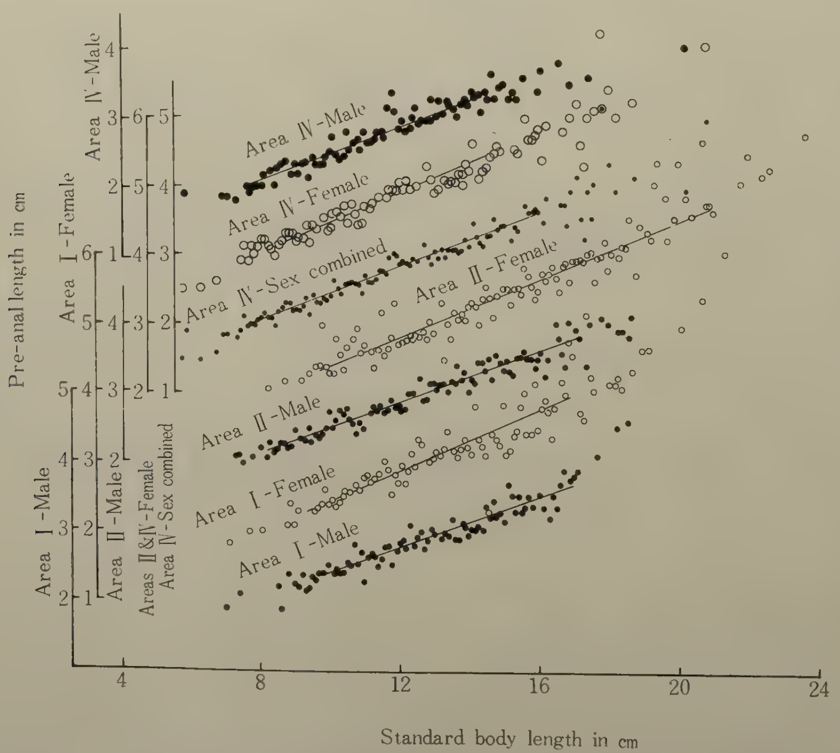



Fig. 15 Regression relationship between standard body length and pre-anal length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

関係式の“傾斜”と“位置”の差の性間の有意性検定結果から，海域Ｉ，Ⅱ及びⅣでは５％水準で“傾斜”の差に，そして海域ＩとⅡにおいては１％水準で“位置”の差に有意性が認められる。

海域間の関係式の検定結果を Table 15 に示したが，“位置”の差に関して海域Ｉの雌とⅡの雌との間では５％水準で，そして海域Ⅱの雄とⅣの雄との間では１％水準で有意性が認められた。

Table 15 Results of the test of significance of “slope and position differences” of the regression relationship between standard body length and pre-anal length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | M | | F | | M | | F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | * | ** | — | — | | | — | — | | |
| | F | | | | | — | * | | | — | — |
| II | M | | | | | * | ** | — | ** | | |
| | F | | | | | | | | | — | — |
| IV | M | | | | | | | | | * | — |

Abbreviations are the same as Table 11.

海域Ｉ，Ⅱ及びⅣの各々において S. L. 9.9, 8.9, 10.9cm以上では雄の方が Pr. A. は長い。海域Ｉの雌とⅡの雌では，前者の方が Pr. A. は長い。

## 6. S. L.—P. V. との関係

S. L. と P. V. との関係を Fig. 16 と Table 10 に示した。Table 16 には関係式の“傾斜”と“位置”の差の有意性の検定結果を示した。

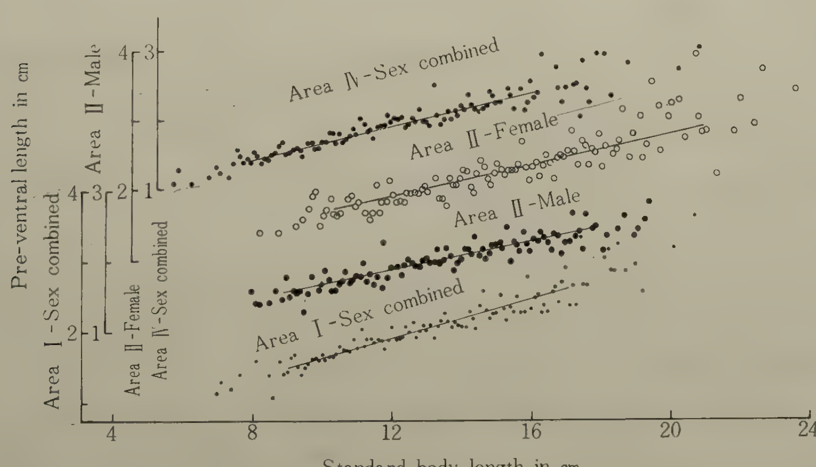



Fig. 16 Regression relationship between standard body length and pre-ventral length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

性間では海域Ⅱにおいてのみ"位置"の差に1%水準で相違が認められ，S. L. 7.9cm以上では雄の方がP.V.は大きい。

Table 16 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and pre-ventral length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | M | | F | | F | | M+F | |
| actorF | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | — | — | | | | | | | | |
| I | M+F | | | ** | ** | ** | * | | | * | — |
| II | M | | | | | — | ** | | | — | ** |
| II | F | | | | | | | | | — | — |
| IV | M | | | | | | | — | — | | |

Abbreviations are the same as Table 11.

海域ⅠとⅡの雄との間には"位置"と"傾斜"の差の両方において1%水準で，海域Ⅱの雌との間では"傾斜"の差に関して1%水準において，及び"位置"の差では5%水準で相違が認められた。海域ⅠとⅣの間には"傾斜"の差に5%水準で，さらに海域Ⅱの雄とⅣとの間には1%水準で"位置"の差に相違が存在する。

海域Ⅱの雌雄とⅠ及びⅣとの間の関係から，各々S. L. 11.0，12.2，8.0及び8.2cm以上において，いずれの場合においても後者の方がP.V.は長い。さらに，海域ⅠとⅣとを比較すると前者の方がS. L. 14.2cm以上においてP.V.は長い。

## 7. S. L.—P. As. との関係

Table 10 と Fig. 17 に S. L. と P. As. との関係式と関係図を示した。性間及び海域間における関係式の"傾斜"と"位置"の差の有意性を検定し，その結果を Table 17 に示した。

海域ⅠとⅡでは"位置"の差が1%水準で，そして海域Ⅳでは"傾斜"の差において5%水準で性間に相違が認められた。海域Ⅰ，Ⅱ及びⅣの各々において S. L. 9.0，6.2及び10.5cm以上では雄の方がP. As.は長い。

海域Ⅰの雄とⅡの雄，海域Ⅱの雄とⅣの雄，海域Ⅰの雌とⅡの雌及び海域Ⅱの雌とⅣの雌の"位置"の差においては1%水準で有意性が認められた。"傾斜"の差に関しては，海域Ⅰの雄とⅣの雄及び海域Ⅰの雌とⅡの雌との間に5%水準で相違が存在する。

海域Ⅰの雄とⅡ及びⅣの雄との間には各々S. L. 9.5，15.0cm以上では海域Ⅰの雄の方がP. As.は長い。海域Ⅱの雄とⅣの雄を比較すると，S. L. 6.6cm以上では後者の方がP. As.は長い。さらに，海域Ⅱの雌とⅣの雌との間では，S. L. 40.2cm以下では後者の方がP. As.は長い。

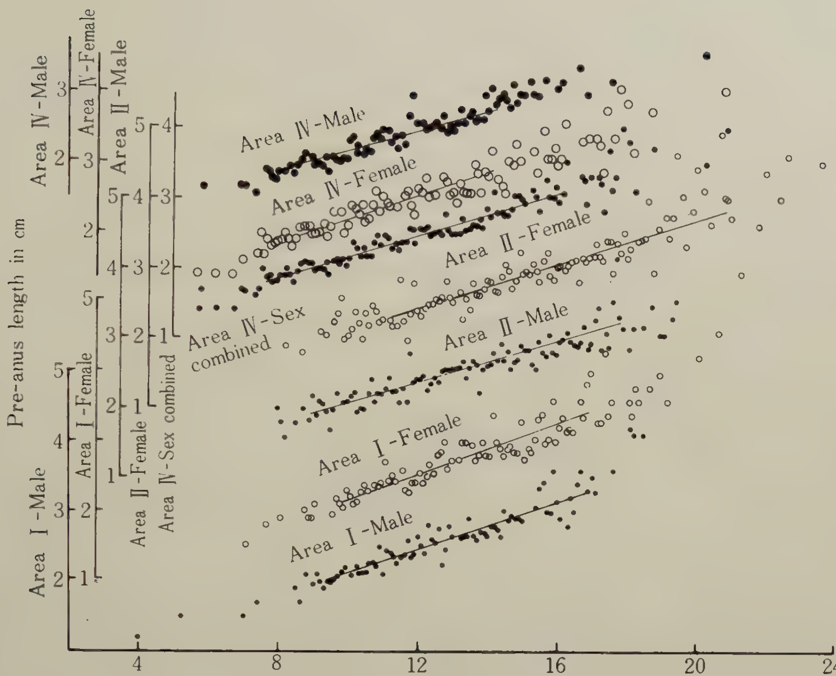



Fig. 17 Regression relationship between standard body length and pre-anus length of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

Table 17 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and pre-anus length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | M | | F | | M | | F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | — | ** | — | ** | | | * | — | | |
| | F | | | | | * | ** | | | — | — |
| II | M | | | | | — | ** | — | ** | | |
| | F | | | | | | | | | — | ** |
| IV | M | | | | | | | | | * | — |

Abbreviations are the same as Table 11.

## 標準体長と体重との関係

瀬戸内海産メイタガレイの成熟，成長，餌料等に関する研究は富山（1956），北森（1964），丹下（1967），松浦（1968），猪子（1982）等によって行われており，産卵期は12月であると報告さ

れている。産卵期には，特に雌においては卵巣が肥大し，産卵前には摂餌量が少なくなるがその後増大する。このように，体重は季節によって変化すると考えられる。したがって，本研究では便宜的に次の3つの期間に分けて標準体長と体重との関係を検討した。

期間1：2月下旬～6月初旬

期間2：6月下旬～10月初旬

期間3：10月下旬～2月初旬

Table 18 に S. L. 5㎜間隔別期間別海域別性別の平均体重を示した。本種の S. L. と体重（B. W.）の関係は allometry の式〔$y=a\,x^b$; y : B. W. (g), x : S. L. (㎜)〕が近似的にあてはまる。この関係式を海域別期間別性別に求め Table 19 に示した。

各海域における期間別の関係を一次関係式に変換し，その一次式の“傾斜”と“位置”の差について性間の有意性を検定し，その結果を Table 20 に示した。

期間2における海域Ⅰでは“傾斜”の差に関して5％水準で，海域Ⅱの“位置”の差において1％水準で各々相違が認められた。

期間3においては海域Ⅳの“位置”の差に1％水準で相違が存在した。

性間に有意差が認められなかった海域Ⅰにおいては雌雄を込めにし，各海域内における期間相互間の関係式の“傾斜”と“位置”の有意差を検定し，その結果を Table 21 に示した。

海域Ⅰにおいては，期間1と2及び3の各々の間に“傾斜”と“位置”の両方の差に1％水準で有意であった。期間2と3の間においても同様に“位置”と“傾斜”の差の両方に1％水準で相違が認められた。

海域Ⅱにおいては，期間1と2との間に雌雄とも“傾斜”と“位置”の差の両方において1％水準で相違が認められた。

海域Ⅳでは，期間1と2及び期間1と3との各々において“位置”の差に関して前者では5％水準で，後者は1％水準で有意であることが認められた。

以上のように，各海域において期間相互間に有意差が認められたので，周年を通じた S. L.—B. W. 関係式によって海域間の相違を検討することはできない。したがって，各期間ごとに海域間の関係式の相違の有意性を検討し，その結果を Table 20 に示した。

期間1においては，海域ⅠとⅣ及び海域ⅡとⅣの各々の間に“傾斜”の差に関して1％水準で相違が認められた。

期間2においては，“位置”の差に関して，海域Ⅰの雄とⅡの雄及び海域Ⅱの雌雄各々とⅣとの間においては1％水準で，また，海域Ⅰの雌とⅡの雌及び海域Ⅰの雄とⅣとの間では5％水準で相違が存在する。

期間3においては，海域ⅠとⅣの雄との間には“位置”の差に関して1％水準で，そして海域ⅡとⅣの雄との間には“傾斜”と“位置”の差の両方に関して1％水準で相違が認められた。

Table 18 Mean body weight by size classes at 5 mm interval by sexes by periods, and by areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

The Sea of Aki

| Period | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Six | Male | | Female | | Male | | Female | | Male | | Female | |
| Sze* | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW |
| 36- 40 | 1 | 2.6 | | | | | | | | | | |
| 41- 45 | | | | | | | | | | | | |
| 46- 50 | | | | | | | | | | | | |
| 51- 55 | 1 | 3.8 | | | | | | | | | | |
| 56- 60 | | | | | | | | | | | | |
| 61- 65 | | | | | | | | | | | | |
| 66- 70 | 1 | 9.0 | | | | | | | | | | |
| 71- 75 | | | | | 1 | 10.0 | | | | | 1 | 10.4 |
| 76- 80 | | | | | 3 | 12.5 | 4 | 11.8 | | | 1 | 10.3 |
| 81- 85 | | | | | 7 | 14.7 | 7 | 13.7 | 1 | 14.5 | | |
| 86- 90 | 1 | 15.7 | | | 27 | 17.4 | 17 | 17.4 | 2 | 16.1 | 3 | 16.0 |
| 91- 95 | | | | | 51 | 20.8 | 32 | 20.6 | 6 | 20.0 | 1 | 22.0 |
| 96-100 | | | | | 70 | 24.3 | 74 | 24.2 | 11 | 24.2 | 7 | 24.8 |
| 101-105 | 6 | 31.5 | 1 | 36.3 | 72 | 28.2 | 69 | 28.1 | 23 | 28.8 | 13 | 29.8 |
| 106-110 | 8 | 35.6 | 2 | 36.2 | 68 | 32.4 | 34 | 32.4 | 21 | 33.6 | 22 | 34.0 |
| 111-115 | 6 | 44.7 | 7 | 40.5 | 59 | 38.5 | 44 | 38.7 | 45 | 38.4 | 37 | 38.2 |
| 116-120 | 21 | 49.0 | 7 | 47.0 | 39 | 41.6 | 41 | 45.9 | 31 | 43.9 | 31 | 45.1 |
| 121-125 | 21 | 47.0 | 16 | 56.3 | 26 | 50.2 | 33 | 49.3 | 29 | 47.9 | 23 | 52.0 |
| 126-130 | 38 | 63.8 | 18 | 60.6 | 16 | 58.6 | 10 | 52.7 | 14 | 53.8 | 22 | 53.7 |
| 131-135 | 19 | 69.6 | 30 | 68.2 | 17 | 68.0 | 8 | 63.0 | 13 | 62.7 | 10 | 61.0 |
| 136-140 | 16 | 80.0 | 26 | 81.5 | 17 | 77.3 | 15 | 80.7 | 14 | 69.0 | 14 | 70.3 |
| 141-145 | 10 | 89.3 | 14 | 90.8 | 20 | 88.6 | 14 | 91.4 | 14 | 80.9 | 14 | 79.9 |
| 146-150 | 10 | 92.1 | 7 | 101.1 | 25 | 100.1 | 8 | 101.0 | 11 | 93.8 | 11 | 92.9 |
| 151-155 | 5 | 109.5 | 5 | 101.6 | 11 | 101.8 | 13 | 113.2 | 12 | 97.4 | 13 | 96.0 |
| 156-160 | 4 | 109.1 | 4 | 101.6 | 18 | 119.3 | 14 | 125.5 | 11 | 111.3 | 13 | 92.6 |
| 161-165 | 4 | 119.8 | 4 | 115.0 | 5 | 127.8 | 11 | 137.5 | 5 | 116.5 | 7 | 99.2 |
| 166-170 | 2 | 138.1 | 7 | 117.1 | 6 | 150.4 | 3 | 158.9 | 3 | 129.7 | 2 | 98.2 |
| 171-175 | 1 | 140.4 | 1 | 149.6 | 1 | 142.6 | 2 | 155.2 | | | 1 | 126.3 |
| 176-180 | | | | | | | | | | | 1 | 137.4 |
| 181-185 | 2 | 134.8 | 1 | 129.1 | | | | | 2 | 144.7 | 4 | 147.6 |
| 186-190 | | | 1 | 179.8 | | | | | | | | |
| 191-195 | | | | | | | | | | | 1 | 163.4 |
| 196-200 | | | | | | | | | | | | |
| 201-205 | | | 1 | 242.1 | | | 1 | 166.8 | | | | |
| 206-210 | | | 1 | 185.5 | | | | | | | | |

(continued)

Hiroshima Bay

| Period | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | Male | | Female | | Male | | Female | | Male | | Female | |
| Size* | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW |
| 61- 65 | | | | | 2 | 6.1 | | | | | | |
| 66- 70 | | | 1 | 8.3 | 3 | 7.6 | 3 | 7.3 | | | | |
| 71- 75 | | | 6 | 9.4 | 5 | 10.1 | 7 | 9.5 | | | | |
| 76- 80 | 8 | 11.6 | 5 | 11.7 | 17 | 12.1 | 17 | 11.8 | | | | |
| 81- 85 | 11 | 14.3 | 11 | 15.0 | 21 | 14.6 | 21 | 14.3 | | | | |
| 86- 90 | 18 | 17.7 | 14 | 16.8 | 48 | 17.5 | 33 | 17.0 | 1 | 17.8 | 1 | 14.2 |
| 91- 95 | 16 | 21.2 | 9 | 20.0 | 50 | 23.0 | 56 | 20.5 | 5 | 17.7 | 2 | 19.8 |
| 96-100 | 9 | 25.0 | 5 | 23.8 | 56 | 26.6 | 74 | 24.2 | 6 | 23.5 | 4 | 22.6 |
| 101-105 | 5 | 30.1 | 3 | 29.9 | 74 | 29.4 | 76 | 28.8 | 10 | 27.5 | 8 | 28.8 |
| 106-110 | 6 | 33.4 | 2 | 32.7 | 65 | 34.6 | 73 | 33.5 | 18 | 32.2 | 7 | 32.7 |
| 111-115 | 5 | 38.0 | 6 | 37.9 | 44 | 37.9 | 61 | 38.5 | 28 | 38.2 | 17 | 36.5 |
| 116-120 | 6 | 57.4 | 6 | 45.2 | 43 | 47.2 | 42 | 43.4 | 17 | 43.7 | 15 | 44.0 |
| 121-125 | 16 | 52.1 | 8 | 50.7 | 18 | 51.8 | 39 | 49.9 | 33 | 50.4 | 25 | 49.2 |
| 126-130 | 10 | 60.1 | 11 | 60.8 | 10 | 57.1 | 20 | 59.1 | 24 | 54.6 | 27 | 55.7 |
| 131-135 | 18 | 69.8 | 13 | 70.0 | 5 | 62.4 | 7 | 65.7 | 30 | 63.0 | 31 | 65.3 |
| 136-140 | 21 | 82.3 | 14 | 80.8 | 1 | 78.9 | 7 | 72.2 | 19 | 72.1 | 23 | 73.7 |
| 141-145 | 21 | 87.6 | 12 | 90.1 | 1 | 93.1 | 1 | 97.2 | 11 | 77.6 | 16 | 77.0 |
| 146-150 | 20 | 96.9 | 16 | 100.4 | 6 | 113.2 | 3 | 114.1 | 13 | 88.9 | 16 | 86.5 |
| 151-155 | 15 | 110.3 | 24 | 109.8 | 8 | 122.0 | 5 | 137.4 | 4 | 97.0 | 17 | 94.9 |
| 156-160 | 18 | 116.3 | 27 | 123.0 | 16 | 129.1 | 5 | 135.6 | 7 | 103.1 | 12 | 98.2 |
| 161-165 | 2 | 122.0 | 23 | 130.0 | 11 | 135.1 | 8 | 139.8 | 2 | 121.1 | 12 | 112.3 |
| 166-170 | 5 | 150.4 | 8 | 140.7 | 11 | 157.2 | 10 | 165.6 | 1 | 114.5 | | |
| 171-175 | 3 | 161.0 | 21 | 155.0 | 4 | 173.2 | 6 | 182.6 | 1 | 169.1 | 7 | 133.6 |
| 176-180 | 3 | 166.0 | 15 | 168.5 | | | 8 | 202.4 | 1 | 141.2 | 2 | 150.9 |
| 181-185 | | | 5 | 193.9 | 1 | 214.0 | 8 | 221.1 | | | 4 | 144.7 |
| 186-190 | 2 | 186.8 | 1 | 222.9 | | | 1 | 246.3 | | | 3 | 158.8 |
| 191-195 | | | 1 | 212.9 | 1 | 246.0 | 1 | 257.8 | 1 | 180.2 | 1 | 194.8 |
| 196-200 | | | 2 | 198.8 | | | | | | | | |
| 201-205 | | | 2 | 190.5 | | | 1 | 254.5 | | | | |
| 206-210 | | | 4 | 253.9 | | | 1 | 311.7 | | | | |
| 211-215 | | | | | | | | | | | | |
| 216-220 | | | | | | | | | | | | |
| 221-225 | | | | | | | | | | | | |
| 226-230 | | | | | | | | | | | | |
| 231-235 | | | | | | | | | | | | |
| 236-240 | | | 1 | 335.0 | | | | | | | | |

(continued)

The Sea of Suō

| Period | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | Male | | Female | | Male | | Female | | Male | | Femael | |
| Size* | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW | f | MBW |
| 46- 50 | | | | | 1 | 2.9 | | | | | | |
| 51- 55 | 14 | 3.5 | 5 | 3.8 | 1 | 4.1 | | | | | | |
| 56- 60 | 18 | 4.2 | 11 | 4.5 | 7 | 6.4 | 7 | 4.2 | | | | |
| 61- 65 | 21 | 5.5 | 14 | 5.3 | 6 | 6.1 | 6 | 5.4 | | | | |
| 66- 70 | 14 | 6.9 | 8 | 7.4 | 26 | 6.2 | 12 | 6.9 | | | | |
| 71- 75 | 6 | 8.8 | 13 | 8.7 | 49 | 8.6 | 27 | 8.7 | | | | |
| 76- 80 | 8 | 11.4 | 3 | 8.3 | 74 | 10.5 | 45 | 10.7 | | | 1 | 13.3 |
| 81- 85 | 5 | 14.1 | 6 | 14.9 | 68 | 13.4 | 68 | 12.9 | 2 | 16.7 | | |
| 86- 90 | 4 | 14.0 | 3 | 14.4 | 34 | 16.5 | 42 | 16.3 | 2 | 17.8 | | |
| 91- 95 | 1 | 19.5 | 2 | 21.2 | 27 | 19.0 | 24 | 19.0 | 4 | 21.5 | 3 | 20.2 |
| 96-100 | 1 | 29.2 | 1 | 26.3 | 21 | 23.2 | 12 | 22.8 | 6 | 25.2 | 5 | 25.6 |
| 101-105 | | | 2 | 30.8 | 12 | 28.2 | 12 | 27.7 | 5 | 30.4 | 12 | 29.2 |
| 106-110 | | | | | 5 | 34.3 | 4 | 32.9 | 3 | 35.1 | 3 | 30.1 |
| 111-115 | 3 | 44.8 | | | | | 2 | 37.2 | 3 | 41.0 | 4 | 37.2 |
| 116-120 | 2 | 57.0 | 2 | 53.2 | 1 | 41.8 | | | 1 | 50.1 | 5 | 44.8 |
| 121-125 | 4 | 55.8 | 8 | 53.8 | 2 | 51.9 | 2 | 54.1 | 1 | 54.9 | 2 | 55.2 |
| 126-130 | 5 | 66.4 | 1 | 46.9 | 3 | 71.9 | | | | | | |
| 131-135 | 9 | 74.4 | 9 | 70.5 | 1 | 60.0 | 1 | 79.6 | | | 2 | 72.0 |
| 136-140 | 7 | 80.5 | 6 | 81.0 | 5 | 80.6 | 2 | 71.1 | 1 | 85.5 | 1 | 71.6 |
| 141-145 | 3 | 85.7 | 2 | 90.9 | 3 | 82.1 | 1 | 76.7 | | | | |
| 146-150 | | | 3 | 107.2 | 3 | 90.2 | 1 | 83.7 | | | | |
| 151-155 | | | 1 | 107.0 | 2 | 105.9 | 1 | 116.5 | | | 1 | 103.3 |
| 156-160 | 1 | 103.0 | 2 | 116.9 | 1 | 123.9 | 2 | 132.5 | | | 1 | 142.4 |
| 161-165 | | | | | | | | | | | | |
| 166-170 | | | 2 | 154.6 | 1 | 145.4 | 1 | 133.3 | | | | |
| 171-175 | | | 2 | 143.6 | | | 2 | 153.1 | | | | |
| 176-180 | | | 2 | 174.5 | | | | | | | | |
| 181-185 | | | 1 | 184.1 | | | | | | | | |
| 186-190 | | | | | | | 1 | 204.7 | | | | |
| 191-195 | | | | | | | | | | | | |
| 196-200 | | | | | | | | | | | | |
| 201-205 | | | | | 1 | 230.4 | | | | | | |

Size*: size class (standard body length) in mm., Period 1: from late in Feb. to beginning of Jun., Peiod 2: from late in Jun. to beginning of Oct., Period 3: from late in Oct. to beginning of Feb., f: frequency, MBW: mean body weight in g.

Table 19 Growth equation of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

| Area | Male | Female | Sex combined |
|---|---|---|---|
| **Period 1** | | | |
| I | B. W. $=1.795$ S. L. $^{3.0952}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.646$ S. L. $^{3.3143}\times10^{-5}$ | B. W. $=4.900$ S. L. $^{2.8917}\times10^{-5}$ |
| II | B. W. $=0.957$ S. L. $^{3.2257}\times10^{-5}$ | B. W. $=1.485$ S. L. $^{3.1248}\times10^{-5}$ | B. W. $=1.296$ S. L. $^{3.1585}\times10^{-5}$ |
| IV | B. W. $=0.464$ S. L. $^{3.3811}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.613$ S. L. $^{3.3143}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.553$ S. L. $^{3.3410}\times10^{-5}$ |
| **Period 2** | | | |
| I | B. W. $=0.901$ S. L. $^{3.2344}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.453$ S. L. $^{3.3789}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.699$ S. L. $^{3.2888}\times10^{-5}$ |
| II | B. W. $=0.598$ S. L. $^{3.3311}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.364$ S. L. $^{3.4322}\times10^{-5}$ | |
| IV | B. W. $=0.320$ S. L. $^{3.4466}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.488$ S. L. $^{3.3569}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.394$ S. L. $^{3.4002}\times10^{-5}$ |
| **Period 3** | | | |
| I | B. W. $=1.189$ S. L. $^{3.1662}\times10^{-5}$ | B. W. $=1.242$ S. L. $^{3.1596}\times10^{-5}$ | B. W. $=2.677$ S. L. $^{2.9904}\times10^{-5}$ |
| II | B. W. $=1.449$ S. L. $^{3.1215}\times10^{-5}$ | B. W. $=1.335$ S. L. $^{3.1501}\times10^{-5}$ | B. W. $=3.692$ S. L. $^{2.9301}\times10^{-5}$ |
| IV | B. W. $=0.660$ S. L. $^{3.3140}\times10^{-5}$ | B. W. $=0.302$ S. L. $^{3.4647}\times10^{-5}$ | |

Period 1: from late in Feb. to beginning of Jun., Period 2: from late in Jun. tobeginning of Oct., Period 3: from late in Oct. to beginning of Feb., B. W.: body weight in gram (all internal organs included), S. L.: standard body length in mm.

Table 20 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between body weight and standard body length between sexes and among areas of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

Period 1

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | F | | M+F | | F | | M+F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | — | — | | | | | | | | |
| I | M+F | | | | | — | — | | | ** | — |
| II | M | | | — | — | | | | | | |
| II | M+F | | | | | | | | | ** | — |
| IV | M | | | | | | | — | — | | |

Period 2

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | M | | F | | F | | M+F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | * | — | — | ** | | | | | — | * |
| I | F | | | | | — | * | | | — | — |
| II | M | | | | | — | ** | | | — | ** |
| II | F | | | | | | | | | — | ** |
| IV | M | | | | | | | — | — | | |

Period 3

| Area | | I | | II | | | | IV | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | | F | | F | | M+F | | M | | F | |
| Factor | | S | P | S | P | S | P | S | P | S | P |
| I | M | — | — | | | | | | | | |
| I | M+F | | | | | — | — | — | ** | — | — |
| II | M | | | — | — | | | | | | |
| II | M+F | | | | | | | ** | ** | — | — |
| IV | M | | | | | | | | | — | ** |

Abbreviations are the same as Table 11.

Table 21 Results of the test of significance of "slope and position differences" of the regression relationship between standard body length and body weight among periods in each area of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.

Area I

| Period | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|
| Sex | M+F | | M+F | |
| Factor | S | P | S | P |
| 1 M+F | | | ** | — |
| 3 M+F | — | ** | ** | ** |

Area II

| Period | 1 | | 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | M+F | | M | | F | |
| Factor | S | P | S | P | S | P |
| 1 M+F | | | ** | ** | ** | ** |
| 3 M+F | — | — | — | — | — | — |

Area IV

| Period | 1 | | 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sex | M+F | | M | | F | |
| Factor | S | P | S | P | S | P |
| 1 M+F | | | — | — | — | — |
| 2 M+F | — | * | — | ** | — | — |

Abbreviations are thesame as Table 11.

## 論　　　　議

魚類資源の系統群判別に関して現在まで多くの魚種についていろいろな方法で試みられてきた。その中には骨の形態，鰓耙の形や数，側線鱗数，鱗相，脊椎骨数，鰭条数，体部位の相対成長及び肥満度などの比較による解剖学的・形態計数学的方法や漁況の共通性・変動の型の分析，年齢・体長組成，性成熟年齢（体長），産卵期，成長，回遊・移動などの漁況学的・生態学的方法などがある。これらの系統群標徴形質は後天的な影響を受けることから，近年，この影響を受けない形質として，血液型や酵素の多型の出現頻度の比較による血清・酵素学的方法が重視されている。

特定の魚類の系統群判別には考えられる全ての方法が適用できるとは限らないが，可能な限り多くの形質を比較し，より正しい結果を得る努力をはらう必要のあることは言うまでもない。

本研究においては漁況学的・生態学的方法として漁獲分布密度の経月変化から分布の中心や移動・回遊に関して検討し，CPUE の変動の比較，形態学的方法として脊椎骨数，鰭軟条数，体部位の相対成長，肥満度の比較及び無眼側の有色出現率からメイタガレイの瀬戸内海西部海域における系統群の判別を試みた。上述した各形質の統計学的方法や変動型の解析などから安芸灘，広島湾，伊予灘及び周防灘の4つの海域間に分布するメイタガレイの系統群判別結果を模式的に

Fig. 18 に示した。この図は各海域に分布するメイタガレイが各々独立した系統群であることを

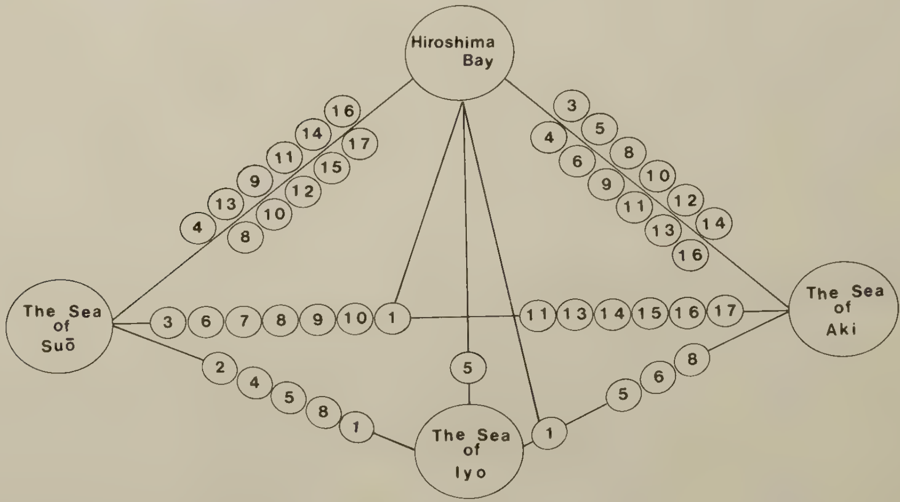



Fig. 18 Summary figure for the stock identification examined by various methods of finespotted flounder in the Western Seto Inland Sea.
①: CPUE (catch in ton per boats days work), ②: CPUE (catch in Kg per one $Km^2$ trawled), ③: ambicoloration rate, ④: Number of vertebrae, ⑤: Number of dorsal soft rays, ⑥: Number of anal soft rays, ⑦: Number of caudal soft rays, ⑧: S. L.-T. L. relationship, ⑨: S. L.-H. L. relationship, ⑩: S. L.-P. A. relationship, ⑪: S. L.-P. D. relationship, ⑫: S. L.-Pr. A. relationship, ⑬: S. L.-P. V. relationship, ⑭: S. L.-P. As. relationship, ⑮: S. L.-B. W. relationship (period 1), ⑯: S. L.-B. W. relationship (period 2), ⑰: S. L.-B. W. relationship (period 3). Solid line: The difference is significant at less than 5 % level of significance.

示唆している。しかし，安芸灘（広島湾を除く）と周防灘との間では13形質，安芸灘と広島湾との間では12形質，広島湾と周防灘との間においては11形質に関して統計的有意差が存在するが，伊予灘と安芸灘，周防灘及び広島湾との間では各々４，５及び２形質にすぎない。このように，伊予灘産メイタガレイが他の３つの海域のメイタガレイと独立した系統群であると断定する根拠を十分得たとはいえないかもしれない。この原因の１つとしては，伊予灘産メイタガレイの標本が110個体と少なかったことが考えられる。さらに，その標本は二神島周辺に限定されており，安芸灘及び広島湾産の系統群と混合していることも考えられる。他の原因としては，今回の系統群判別形質として生態的及び形態的形質がその主体を構成しており，後天的及び自然環境や資源そのものの変化等の影響を強く受ける形質であることである。

したがって，今後，産卵数，成長，標識放流，年齢組成，体長組成，性成熟年齢（体長），自然死亡率等を解析し，系統群の判別を試み，本結果の見直しに供したいと考えている。さらに，伊予灘メイタガレイについては当灘中央部からの標本に基づいた再検討をする必要があろう。そして，無眼側に見られる有色現象が遺伝的形質なのか否かの解明も重要である。

最後にもう一つ留意しなければならない点として，本研究で示した各海域の境界線が正しい系統群の分割を示しているのか否かについて再検討が必要であろう。

## 要　　約

本研究は瀬戸内海西部海域を構成する安芸灘（広島湾を除く），広島湾，伊予灘及び周防灘に分布するメイタガレイの系統群を解明し，当海域における本種の資源・漁業生物学的研究に資することを目的として行われた。

当海域で漁獲された7,207尾のメイタガレイ標本，灘別漁獲統計及び小型底びき網標本船操業日誌資料を用いて，1)CPUE の経年変化，2)分布と移動形態，3)無眼側の有色出現率，4)脊椎骨数，5)背鰭・臀鰭・尾鰭各軟条数，6)体部位の相対成長及び7)標準体長—体重関係の海域間の有意差を統計学的に検定し，系統群の判別を行った。

安芸灘（広島湾を除く），広島湾，伊予灘及び周防灘に分布するメイタガレイは各々独立した系統群である。しかしながら，伊予灘に分布するメイタガレイの系統群に関しては，今後標本をより広範囲の海域から収集し，再検討する必要を認めた。

## 文　　献

陳　哲聡・大滝英夫，1974：東シナ海・黄海産メイタガレイの資源生物学的研究，西水研報，**46**，1—20.

中国四国農政局統計情報部，1982：昭和55年瀬戸内海の漁業，中国四国農林統計協会協議会，1—137.

中国四国農政局統計情報部，1983：昭和56年瀬戸内海地域の漁業，中国四国農林統計協会協議会，1—153.

藤本知之・松本紀男・篠岡久夫，1973：イシガレイ幼稚魚の河口域における生態，栽培技研，**2**(1)，23—26.

福永辰広，1976：マコガレイの種苗生産，とくに稚魚期までの水槽による一貫飼育について，栽培技研，**5**(2)，37—44.

原　健一・田村　灝・寺尾百合正・岩本哲二・宮後富博・桧山節久，1981：昭和55年度放流技術開発事業報告書（マコガレイ），山口内海水試・山口内海栽培漁業センター，1—18.

平嶋　豁・福岡和光・能津純治，1973：マコガレイ *Limanda yokohamae* GŌNTHER の高水温における生そく限界について，大分水試調研報，**8**，23—29.

猪子嘉生，1982：安芸灘におけるメイタガレイの年齢・成長・年齢組成，広島水試研報，**12**，19—31.

石川佑司，1981：放流技術開発（マコガレイ）事業調査報告書．昭和55年度，大分浅海漁試，1—29.

伊藤　隆，1953：魚個体別に於ける体重，体長関係の統計的取扱法について，日水誌，**19**(8)，905—911.

陣之内征龍，1971：マコガレイの種苗生産試験，山口内海水試報，**2**，22—27.

陣之内征龍，1973：マコガレイ稚仔の生態について，室内飼育における生態実験，山口内海水試報，**3**，60—65.

陣之内征龍，1977：冠水時の干潟域に出現する水産動物について．Ⅱ．食性，山口内海水試報，**6**，36—45.

陣之内征龍・岩本哲二，1973：マコガレイの種苗生産試験—Ⅱ，山口内海水試報，**3**，52—59.

香川県水産試験場・岡山県水産試験場・福岡県豊前水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場，1975：46—49年度魚類放流技術開発調査，カレイ類総括報告書，1—51.

北森良之介，1964：瀬戸内海とその近接水域における異体類の生態，とくに分布と成長について，内水研C輯**2**，1—22.

松原喜代松・落合　明・岩井　保，1979：新版，魚類学(上)，恒星社厚生閣，東京，1—375.

松村真作，1972：マコガレイの標識放流による移動，栽培技研，**1**(2)，25—30.

松村真作・服部洋生・寺島　朴，1974a：囲網に放養したマコガレイ人工生産種苗の摂餌状況，昭和48年度瀬

戸内海栽培漁業事業，魚類放流技術開発調査事業経過報告（カレイ・ガザミ），岡山水試，42—48．
松村真作・服部洋生・篠原基之・寺島　朴，1974 b ：播磨灘北西部水域におけるマコガレイおよびイシガレイの資源・生態，昭和48年度瀬戸内海栽培漁業事業，魚類放流技術開発調査事業経過報告（カレイ・ガザミ），岡山水試，5—41．
MATSUURA, S, 1969: On the maturation and spawning pattern of Japanese flounder, Inter. Rep. Seto, JIBP, 31-33, (in Japanese).
水戸　敏，1960：日本近海に出現する浮游性魚卵および孵化仔魚の検索，九大農学部学芸雑誌，**18**(1)，71—94．
水戸　敏・松浦修平，1968：魚類の卵稚仔調査，文部省特定研究，内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究，42年度研究業績報告，JIBP，PM セクション，33—42．
水戸　敏・鵜川正雄・樋口正毅，1969：イシガレイの卵発生，ふ化仔魚の飼育および陸上池内における産卵，南西水研報，**1**，87—102．
宮城県・山口県・大分県，1982：放流技術開発事業（マコガレイ）総合報告書，1—132．
水田洋之介，1973：仔稚魚期におけるマコガレイとイシガレイの形態的相違，栽培技研，**2**(2)，33—38．
南西海区水産研究所，1972：生物資源班取りまとめ結果，Ⅱ魚種別調査結果，14(A)，カレイ，ヒラメ類について，本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，**3**，269—273．
農林水産省統計情報部，1980：昭和53年漁業養殖業生産統計年報，農林統計協会，1—310．
岡山県水産試験場，1972：マコガレイ標識放流結果，本州四国連絡架橋漁業影響調査報告，**3**，274—276．
大阪府水産試験場・岡山県水産試験場・愛媛県水産試験場・佐賀県有明水産試験場・福岡県有明水産試験場，1983：昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業，ガザミ班総合報告書，1—143．
瀬戸内海底魚研究チーム，1982 a ：瀬戸内海のガザミ資源，瀬戸内海ブロック資源担当者会議資料，244—252．
瀬戸内海底魚研究チーム，1982 b ：瀬戸内海のイカナゴ資源，瀬戸内海ブロック資源担当者会議資料，172—176．
瀬戸内海底魚研究チーム，1982 c ：瀬戸内海のマダイ資源，瀬戸内海ブロック資源担当者会議資料，239—243．
瀬戸内海浮魚研究チーム，1982：瀬戸内海のカタクチイワシ資源，瀬戸内海ブロック資源担当者会議資料，111—118．
水産庁，1982：瀬戸内海小型底びき網漁業の昭和53～56年における累積漁獲量—努力量表（資料）．
田北　徹・藤田矢郎，1964：メイタガレイの卵発生と仔魚前期，日水誌，**30**(8)，613—618．
冨山　昭，1956：山口県瀬戸内海に於ける重要生物の生態学的研究第13報，メイタガレイの全長組成と食餌について，山口内海水試調査研究業績，**8**(1)，59—62．
冨山　昭・陣之内征龍，1974：カレイ類の標識放流試験，栽培技研，**3**(1)，23—30．
冨山　昭・陣之内征龍，1977：冠水時の干潟域に出現する水産動物について．Ⅰ．出現魚種，山口県海水試報，**6**，1—35．
丹下勝義，1967：メイタガレイのふ化飼育実験，昭和41年度兵庫水試報，80—81．
谷本尚則・土肥和一・長江修身・荒木　茂，1978 a ：海産魚類の種苗生産技術試験—Ⅳ，マコガレイの餌料試験，徳島水試事報，昭和40年～昭和46年（1965～1971）—追補，昭和47～昭和51年（1972～1976），9—13．
谷本尚則・土肥和一・長江修身・荒木　茂，1978 b ：海産魚類の種苗生産技術試験—Ⅴ．マコガレイの量産化試験について，徳島水試事報，昭和40年～昭和46年（1965～1971）—追補，昭和47年～昭和51年（1972—1976），14—18．
多々良　薫，1977：瀬戸内海における漁業資源と漁業の展望，基本委託調査および魚介類回游調査に基づく綜説，南西水研調報，**1**，1—68．
多々良　薫・北森良之介・永田樹三・水戸　敏・林　知夫・工藤晋二，1965：瀬戸内海漁業振興調査結果による瀬戸内海および隣接大陸棚における魚類目録，付，軟体動物目録，内水研C輯，**3**，77—123．
藤　紘和・多胡信良，1972：カレイ類の漁場資源生態調査研究，調査対象魚種イシガレイ・マコガレイ，福岡豊前水試，昭和46年度研究業務報告，29—50．
藤　紘和・多胡信良・林　功，1974：カレイ類の漁場資源生態調査研究（第Ⅱ報），対称魚種，イシガレイ・

マコガレイ，福岡豊前水試，昭和47年度研究業務報告，81—108．

藤　紘和・林　功，1975：カレイ類の漁場資源生態調査研究，第Ⅲ報，対称魚種イシガレイ・マコガレイ，福岡豊前水試，昭和48年度研究業務報告，57—78.

内田恵太郎，1932：本邦産異體魚類の變態期前後，Ⅰ，メイタガレヒ，動物学雑誌，**44**，234—241.

和田　功・勝谷邦夫，1969：マコガレイの種苗生産に関する研究，昭和43年度事業報告，岡山水試，112—120.

和歌山県水産増殖試験場・和歌山県水産試験場・兵庫県栽培漁業センター・兵庫県立水産試験場・徳島県栽培漁業センター・徳島県水産試験場，1983：昭和57年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書，瀬戸内海東部マダイ班，1—136．

渡辺泰輔，1965：東京湾におけるメイタガレイ卵の分布生態について，日水誌，**31**(8)，591—596.

Welch, B. L., 1937: On the z-test in randomized blocks and Latin squares, **Biometrik, 29**, 21-52.

山口県・福岡県・大分県，1975：西瀬戸地域漁業調査報告書，昭和46—49年度，1—245．

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# 麻酔および取り扱いストレス時の血液性状変化*

石 岡 宏 子

# Effects of Handling and Anaesthetization with MS222 on the Blood Constituents of the Red Sea Bream, *Pagrus major* (Temminck *et* Schlegel)

Hiroko Ishioka

The effects of handling and anaesthetization with MS222 (Ethyl *m*-aminobenzoate methanesulfonate) on the red sea bream, Pagrus major (Temminck *et* Schlegel), have been investigated with reference to selected haemotological parameters and several aspects of serum constituents. Mild handling, which was exposure to the air in the hand net for 1 min., produced no changes in haemoglobin content, haematocrit value, serum glucose, sodium and chloride levels, except potassium. The severe handling, which was forced insertion of fish flesh (lg) through a polyvinyl tube into the stomach caused serum glucose level increase immediately after treatment. These changes in serum glucose and potassium levels persisted for several hours after handling.

Anaesthetization with 100 ppm MS222 did not produce any change in the haematological parameters and the serum constituents compared with the levels in non-anaesthetized controls at least within 10 minutes after treatment. Prolonged exposure (15-30 min.) to a lower level of MS222 (50 ppm) elevated serum glucose and sodium levels to extremely high level. These changes in serum constituents indicated that significant osmoregulatory and metabolic dysfunctions occurred during handling and anaesthetization.

Characteristics of stress responses during handling and anaesthetization were discussed being compared with those caused by another types of stressor.

多くの環境要因が魚にストレス反応を起すことは一般的に知られており，マダイでも温度（石岡1980 a），塩分（石岡1980 b），酸素濃度（石岡1982）などの急激な変化がストレッサーとなることが明らかにされた。

活魚の輸送，採卵，採精，仕分け，標識づけ，体重測定などにあたっては，魚を取り上げて作業せざるをえない。この時，魚が暴れて作業が円滑に行なわれないだけでなく，魚は生理学的に大きな変動を経験し，その後の摂餌，成長，生残等に影響を受けることはよく知られている。

---

1983年6月23日受理，南西海区水産研究所業績 第134号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町
*マダイのストレス反応に関する研究—Ⅳ，

これらの問題を解決するために，作業時には麻酔剤が使用されることが多い。これら取り扱いや麻酔時の魚の生理学的変動に関しては主にニジマス，鯉，ティラピア等の淡水魚で，ホルモン，血液性状，血液成分，心拍数，その他についての報告がみられる。

ここではマダイを麻酔した時や，各種取り扱い時に，血液性状や成分に現われる変化を知るための実験を行ない，ストレス反応の特徴を明らかにしようとした。

## 材料と方法

マダイは養殖場から購入したものを船で運搬し，研究室の1トンのコンクリート水槽に収容し，生ガキ細切片を与えて馴致飼育した。原則として実験開始24時間前には実験水槽に収容し水槽に慣らした。この間投餌しなかった。

**実験I**（取り扱いA）：緩やかな取り扱いの影響をみるため，300ℓ水槽2個にマダイ1年魚，（平均値±標準偏差：体長13.0±0.29cm，体重66.1±4.28g）を5尾づつ収容して一つの水槽群を対照群とし，他を実験群とした。対照群のばあいは，1尾づつ手網で取り上げ直ちに採血を行なった。5尾の採血には約10分間を要した。実験群は，1尾づつネットで取り上げた後，そのネットの中で1分間空中に放置した後採血を行なった。実験水温は16.2℃であった。

**実験II**（取り扱いB）：通常の魚の生理学的実験のための手術程度の取り扱いの影響をみるために，胃中に餌を強制投与することとした。餌料は細切したマダイ筋肉を用いた。マダイは1尾づつ取り上げ，MS222 100ppm で約2分かけて麻酔し，塩化ビニールチューブを胃中に挿入し，ガラス棒で餌料約1gを胃中に押し出した。この間1尾あたり5～7分を要した。25尾についてこの取り扱いを行ない，その後1トンのコンクリート水槽に収容し，経時的に5尾づつ取り上げて，採血した。水温は18℃～19℃，供試魚の体長，体重はそれぞれ平均値±標準偏差：12.8±0.16cm，58.7±2.27gであった。対照区としては，餌料挿入以外は全く同じ取り扱いをしたマダイ5尾について，実験開始後24時間を経て採血したものを用いた。

**実験III**（麻酔）：麻酔剤 MS222（Ethyl *m*-aminobenzoate methanesulfonate）濃度を 100ppm と50ppmとした海水30ℓ水槽に 5尾の 魚を収容した。麻酔剤を中和することはしなかった。100ppm の場合には麻酔液に収容後2～10分間で全ての魚が横転したが，50ppm の場合には，約15～30分間を要した。両濃度で横転した魚を直ちに取り上げ採血した。対照群では，水槽から1尾づつ手網でとり上げ直ちに採血を行なった。実験水温は26.4℃，供試魚の尾叉長と体重は，それぞれ平均値±標準偏差で15.9±0.23cm，88.6±3.94gであった。この実験の間，それぞれの水槽では充分にエアレーションを行なった。

実験Ⅰ，Ⅱ，Ⅲにおける採血方法，分析方法等は，石岡（1980a）と同一である。

## 結　　果

全体をとりまとめて Table 1 に示した。

Table 1 Haematological characteristics and serum constituents of the red sea bream exposed to handling and to anesthetics (mean value±standard error, n=5)

| Experimental conditions | Haemoglobin (g/dl) | Haematocrit (%) | Serum constituents | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Glucose (mg/dl) | Sodium (mEq) | Chloride (mEq) | Potassium (mEq) | Cortisol (ng/ml) |
| Handling I | | | | | | | |
| Control | 5.3±0.51 | 25.5±2.73 | 47.6±1.50 | 168.6±2.53 | 176.5±2.39 | 7.40±0.77 | t |
| Hanging in the air within net for 1 min. | 5.4±0.13 | 29.7±0.62 | 51.1±3.95 | 166.8±2.63 | 176.5±0.80 | 4.78±0.34*** | 7.0 |
| Handling II* Time elapsed (hr) | | | | | | | |
| 0 | 6.9±0.32 | 35.4±1.35 | 117.8±12.16*** | 211.7±8.21 | 197.6±7.63 | 8.17±0.42*** | — |
| 1 | 5.9±0.67 | 32.4±3.86 | 187.2±24.84*** | 203.5±9.01 | 181.6±2.99 | 8.05±0.90 | — |
| 2 | 5.7±0.63 | 33.0±1.89 | 209.5±51.7*** | 222.4±5.62 | 175.5±6.22 | 7.53±0.36*** | — |
| 4 | 4.7±0.31*** | 26.4±1.09 | 157.5±34.11 | 214.5±10.55 | 178.4±3.68 | 6.11±0.39 | — |
| 8 | 6.3±0.27 | 28.9±2.77 | 100.2±28.38 | 216.9±9.98 | 184.2±3.44 | 7.41±0.46 | — |
| 24(Control)** | 6.4±0.34 | 30.1±1.61 | 77.7±5.92 | 200.9±7.45 | 187.8±4.88 | 5.9±0.46 | — |
| Anesthetics | | | | | | | |
| Control | 5.9±0.62 | 35.3±4.32 | 67.4±6.74 | 194.4±3.18 | | | |
| MS 222 100ppm**** (2-10 min) | 6.11±0.55 | 43.9±3.29 | 76.5±4.32 | 204.3±5.53 | | | |
| MS 222 50ppm**** (15-30min) | 4.0*** | 36.9±2.07 | 245.1±29.88*** | 217.6±3.86*** | | | |

* The fish were netted, anesthetized and inserted red sea bream flesh through the poly-vinyl tube into the stomach. Those handing necessitated about 5 minutes.

** Control fishes were handled as same as others without food insertion by polyvinyl tube into stomaches.

*** Signifficantly different from controls ($p \leqq 0.05$)

**** Immediately after loss of equiliblium

**実験I**（取り扱いA）の手網内で1分間の空中放置という条件では，測定項目中ヘモグロビン量，ヘマトクリット値，グルコース，ナトリウム，塩素量，コーチゾール量では有意差は認められなかったがカリウム量の減少のみ有意差が検出された。

**実験II**（取り扱いB）はより苛酷な条件として設定された。24時間後の対照区と比較すると，グルコース量は取り扱い直後（0時間）から有意に高い値を示し，その最高値は，2時間後に得られた。ヘマトクリット値は取り扱い直後にやや高い値が認められるものの有意差を生ずるには至っていない。ヘモグロビン量は4時間後に有意に低い値を示し，この時にはヘマトクリット値もやや低めの値を示す。カリウム量は実験Iの場合とは逆に実験IIの取り扱いでは，有意に高い値が得られた。ナトリウム，クロライド量では有意差は検出されなかった。

**実験III**（麻酔）．麻酔剤に魚を浸漬した実験のうち，100ppm で短時間で横転した場合の魚のヘモグロビン量，ヘマトクリット値，血清グルコース量，ナトリウム量は，やや増加する傾向は認められたが対照区と比較して有意差を生ずるには至らなかった。一方，50ppm で横転までに15分以上かかった魚では，ヘモグロビン量の有意な低下，血清グルコース量の著しい増加と血清ナトリウム量の増加が認められた。

## 考　　察

最近，取り扱い（handling）に関する生理生化学的研究は多く，特に魚のストレス反応に関して報告されているストレッサーの過半数は“取り扱いストレス”である。細かく条件を調べれば多くの相違は認められるものの“取り扱い”の内容は，何らかの方法で魚を捕獲し，魚を空中に取り出し放置し，さらに水槽にかえすといった操作を含んでいる点では一致している。魚にとっては不本意な強制運動を課せられ，鰓を環境水が灌流することを妨げられることにより急激な窒息状態という負荷をかけられたことになる。さらに広範な意味での“取り扱い”という場合には麻酔剤での処理も含まれる。麻酔するということは，一般的には狭義の“取り扱い”のほかに吸収された麻酔剤の作用により，呼吸運動も含めた運動機能を低下させるという負荷が加えられることになる。魚が生きている限りは自律神経系はなお機能を継続しているがその変調があることは考えられる。これら，“取り扱い”や麻酔による魚の生理学的状態の攪乱（Physiological disturbance）は種々な角度から研究の対象とされている。最も多いのは血液性状，血漿，血清成分の変化であるが，他に酸素消費量（Beggs *et al*. 1980）（田村ら1967），行動，（McFarland 1960）心拍数，（Leivestad *et al*. 1957，Randall 1962）体温変化（Konagaya 1977）体表粘液細胞の大きさ（Pickering and Macey 1977）や粘液中ヘモグロビン様物質（Smith 1976），血液酵素活性（Bouck 1978），体重変化（Stevens 1972）等が，淡水魚，海産魚で調べられている。

血液性状や血漿，血清成分のうち，“取り扱い”時や麻酔時の変化で最も報告例の多いのは血糖値の変化である。いずれも今回のマダイ実験結果と同様，“取り扱い”時にはその増加が報告されている。古くは Nakano and Tomlinson（1967）がニジマスの尾部をつかんでふりまわ

した後の血中アドレナリン，ノルアドレナリン，グルコース量の増加を認めているし，CHAVIN AND YOUNG（1970）は金魚の水槽移し換えで著しい高血糖をみている。WARDLE（1972）は海産魚のヒラメ類（*Pleuronectes platessa*）を海でネットあるいはトロールで捕獲した後の血中グルコースの経時的変化を追跡し，数時間から数日にわたって続く高血糖を報告している。

WEDEMEYER（1972）は Coho salmon（*Oncorhynchus kisutch*）や Steelhead trout（*Salmo* gairdneri）の幼魚を10尾づつネットに入れ25m離れた水槽に移す操作で高血糖と低クロライド症が顕著であったとし，他にも Coho salmon で血漿コレステロール増加と Steelhead troutで血漿カルシウム増加が認められたとしている。UMMINGER（1973）は，キンギョに生理的食塩水を注射するという操作で高血糖と低クロライド血，低ナトリウム血を起している。池田（1976）は酷い取り扱いでハマチの血糖値が有意に増加すると報告し，SOIVIO AND OIKARI（1976）はカニュレーションを施した Pike（*Esox lucius*）を円筒に入れ，これを円筒ごと空中に20秒間持ち上げる操作をくり返した時の血中乳酸，グルコース，無機塩類，ヘモグロビン，ヘマトクリット値を経時的に測定し，高血糖をみており，CASILLAS AND SMITH（1977）もニジマスをフックでつり下げた後の高血糖を観察している。

PASANEN *et al*.（1979）は野外で捕獲した魚を麻酔し標識をつけ30分後再び水中から取り上げた時の血中グルコース，乳酸の動態を報告し，STRANGE（1980）は Channel catfish（Ictalurus punctatus）40尾をネットに入れ，28×28×10cmの水槽中に数分から3日にわたって保持し，血中コーチゾール，グルコースの時間的変化を調べ，高血糖を報告している。PICKERING *et al*.（1982）は Brown trout（*Salmo trutta*）をハンドネットで取り上げ，小さな水槽に2分間閉じ込めておくという操作が，血中コーチゾール，グルコース，乳酸値を高くすると報告している。本研究の場合マダイの取り扱い実験Ⅰではグルコース値は特に大きく変化せず，実験Ⅱ（0時間）では大きく増加した。これは，取り扱い条件の強度がグルコースの増加速度に影響するものと考えてよいであろう。取り扱い強度の量的表示は難しいが逆に血液中グルコースやコーチゾール濃度の変動で評価することは出来よう。

麻酔剤の効果を，魚のストレス反応の程度によって判定しようとする考え方の報告には，“取り扱い”の影響を極力少なくして行なった血糖値の測定例が多い。SOIVIO *et al*.（1977）がニジマスで行なった MS222，中和 MS222，Benzocaine の血液性状に与える影響実験では，麻酔中の低血糖とそれに引き続く覚醒期の高血糖が報告されている。麻酔直後の血糖値が大きく変動しないことは，WEDEMEYER（1969）がニジマスにおける MS222，中和 MS222，Benzocaine の影響の実験で，HOUSTON *et al*.（1971）がBrook trout（*Salvelinus fontinalis*）に対する Tricaine methanesulfonate の影響実験で，SMIT *et al*.（1979a, b, c）によるコイ，ティラピア，ニジマスに対する MS222，中和 MS222 の影響の実験結果で明らかにされてている。これらは，本実験で得られた 100ppm MS222 麻酔の場合と類似した結果となっている。しかし，50ppm 麻酔の場合の高血糖は，麻酔に要する時間がかかるため，いわゆる“取り扱い”および麻酔のための呼吸機能低下による低酸素症等が新たにストレッサーとなる可能性もあり，これら複合的ストレッサーが遅延して発現する時点を把握したためと考えられる。この濃度による血液性状の変化に

ついては，FERREIRA *et al*. (1981) も淡水魚で同様の傾向を得ている。

取り扱いストレス時の血中無機塩の変動については，魚種や条件等によってその変動様式が異なっている。WEDEMEYER (1972) は前述の取り扱い条件で Coho salmon, Steelhead trout で血中クロライドは低下したと述べており，SOIVIO *et al* (1976) は汽水中の Northern pike は"取り扱い"により血漿ナトリウム量はほとんど変動しないが，血漿中カリウムは，一時的な増加や数時間後の減少がみられるとし，池田 (1976) はハマチで苛酷な取り扱いが血中カリウム，ナトリウム，クロライドを増加させるとしている。BEGGS *et al* (1980)は *Esox masquinongy* で"取り扱い"後血中ナトリウム量の変化はないが，弱った魚ではカリウム量が高かったとしている。

麻酔中や回復期の血中無機塩の変動はナトリウムに認められ，HOUSTON *et al*. (1971), FERREIRA *et al*. (1981) が淡水魚で報告している。本研究のマダイでも MS222 50ppm 麻酔で血清ナトリウム量の有意な増加が認められ，報告例と一致するが，淡水魚と海産魚でいずれも増加する理由は明らかでない。

ヘモグロビン，ヘマトクリット値の変動は魚種に関係なく一定の傾向がみられる。本研究のマダイの実験条件では，ヘマトクリット値は取り扱い直後にやや高い値を示す傾向がみられたのみであったが，BOUCK AND BALL (1966) はニジマスで種々な捕獲方法を採った時にヘモグロビン量，赤血球の大きさ，蛋白濃度が変化するとし，さらに別の実験でヘマトクリット値が大きく変動するとしている。CASILLAS *et al*. (1977) はニジマスで取り扱い時に血液凝固時間は減少し，栓球数，ヘマトクリット値は増加したとし，PICKERING *et al*. (1982) は*Salmo trutta* で血漿中 Lymphocyte 数が増減するとした。

麻酔後のマダイの血液性状変化ではヘマトクリット値の増加傾向がわずかにみられる程度であったが，この値の増加は HOUSTON *et al*. (1971), FERRIRA *et al*. (1981), SOIVIO *et al*. (1977) が淡水魚で報告し，その理由として HATTINGH (1977) は MS222 が直接血球の膨潤を起すとし，SOIVIO *et al*. (1974, 1978) は MS222 による鰓血管中の血液稀釈や腎血管中の赤血球凝集を報告している。

この他，ストレス反応をホルモンの動態で把握しようという観点から，血中カテコーラミン，コーチゾール等の測定も行なわれている。マダイの取り扱い時のコーチゾール変化は明確でないが，種々なストレスで変化することは明らかである（石岡1980 a，1980 b，1982)。SPIERER (1974) はキンギョで，PICKERING *et al*. (1982) はbrown troutで，Strange (1980) は channel catfish で取り扱いストレスでいずれも増加すると報告している。麻酔時のこのホルモンの増加に関しては STRANGE AND SCHRECK (1978) が Chinook salmon で WEDEMEYER (1970) がニジマスで観察している。

これら血液性状，成分の"取り扱い"や麻酔後の変動様式では，魚種，取り扱い条件等による違いはあるものの，最も興味をひく点は，反応の時間経過である。本研究のマダイの実験においても，処理直後よりも，その後の時間経過の中で反応が極大に達する時点の存在が認められた。特にグルコースの変動様式については，最高血糖値に至る時間が2時間となっている。これに関与する要因としてはストレッサーの強さと水温があると考えられるが，実験Ⅰと実験Ⅱの取り扱

い直後の反応の相違は刺激量の大きさの差によると考えられる。さらに実験Iのような取り扱い条件で対照区との間で有意差が生じなかったのは，十分な反応を起す時間が不足したという可能性も考えられる。類似した現象は CHAVIN *et al.* (1970) も報告しており，一般的に変温動物での Time lag は極めて大きい。STRANGE (1980) は反応の大きさと起り方が大きく温度に依存することを明らかにした。魚種を問わず，取り扱い，麻酔実験で時間経過の明らかなものを拾い出し **Fig. 1** に示した。全体の傾向をみると，ヘモグロビン，ヘマトクリットの増加反応は，時間的に分の単位で起っているが，グルコース，コーチゾールの増加反応は数10分後から数時間後にわたって認められる。乳酸増加の反応は，これらに先行するようである。血中無機塩ではナトリウム，クロライド等の変動はあまり大きくなく，変動する場合にもその方向は一定しない。むしろ，早い時期に起るカリウムの変動が興味深い。外部環境要因が起すマダイのストレス反応をみた実験（石岡1980a，b，1982）では，ヘマトクリット値上昇とグルコース増加の反応とは，比較的遅い同一時期に起っており，反応期の特徴となっていたが，麻酔や“取り扱い”時には血液性状変化の反応が早い時期に進行するという特徴が認められる。しかも，血液性状変化や血中無機塩の

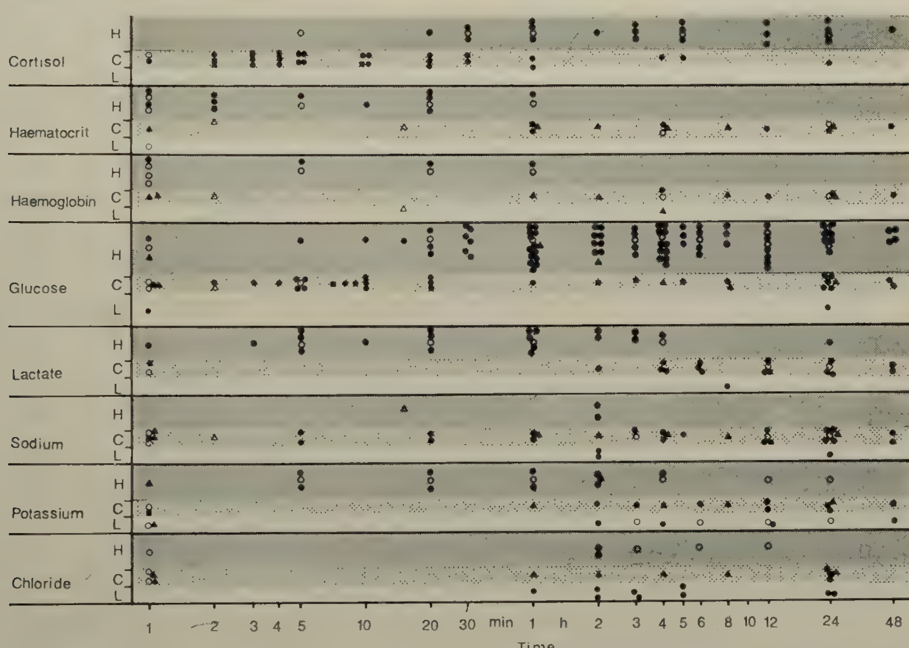



Fig. The effects of handling and anaesthetization on haematological parameters and on the blood chemistry. The fishes were rainbow trout, gold fish, carps, plaices, and others (see references).

Open circle : data from the fish treated with MS222.

Closed circle : data from the fish under handling.

Open triangle : data from red sea breams treated with MS222 (present results)

Closed triangle : data from red sea breams under handling (present results)

H : higher levels than controls

C : control level

L : lower levels than cotrols

動態等の方向性が報告によって必らずしも一致しない。大きな変化を示す場合は医学的には，ショックといわれる症状を伴なう反応が進行していると判断した方がよいように思える。ショックとは毛細血管透過性の増加による循環血液量の進行性減少を特徴とした臨床上の状態と定義されている。Soivio *et al*.（1974）は麻酔時のニジマスの腎臓で組織の浮腫，毛細血管や類洞での血球凝集，血流停滞や鰓血管中の血液稀釈等を報告しているが，これはショック症状を裏付けるものであろう。血液濃縮や血中無機塩の変動の大きさと反応の速さおよびショック症状とみられる報告例を総合して考えると，魚種やストレッサーの在り方によって反応の大きさや起り方が異なるとはいえ，魚が生息する環境の中で与えられるストレッサーに比べて“取り扱い”や麻酔は，ストレッサーとしての強度は極めて大きいものと考えざるをえない。“取り扱い”時の麻酔剤の使用は不可避で無理な筋肉運動を鎮静させる効果や反射を抑制する効果を示すが，MS222 のように中枢作用性をもつ薬剤（関沢，1978）では，それによるストレス反応が遅延して起ることは当然予想されることである。

本研究をまとめるにあたり，御校閲と御鞭撻をいただいた東京水産大学，尾崎久雄教授，京都大学，池田静徳教授に深謝いたします。

## 摘　　　要

“取り扱い”や“麻酔”などの通常の魚取り扱い操作がマダイの血液性状，成分に与える影響を知るために，緩やかな“取り扱い”（ネットで魚を持ち上げて一分間空中に放置），強い“取り扱い”（魚を取り上げ麻酔をかけ胃中にカテーテルで餌料を挿入する），MS222（50ppm，100ppm）による麻酔の実験を行ない，ヘモグロビン，ヘマトクリット，血清グルコース，ナトリウム，塩素量，カリウム量等を測定した。

緩やかな“取り扱い”直後の血液性状では，カリウムの有意な低下がみられたものの他の成分には変化はみられなかった。強い“取り扱い”の場合には，取り扱い直後から血糖値の増加，血清カリウム量の増加等が認められた。

MS222 による麻酔では2～3分程度で魚が横転する濃度100ppmの時には血液性状には特に変化はみられないが，15分以上かかる麻酔（50ppm）では一時的なヘモグロビン値の低下，血糖値の増加，血清ナトリウムの増加等が認められた。

これらマダイで得られた結果と他の魚種で得られている血液性状，成分変化に関する知見から，“取り扱い”麻酔時のストレス反応の特徴を論じた。

## 文　　　献

Beggs, G. L., G. F. Holeton and E. J. Crossman, 1980 : Some Physiological Consequences of Angling Stress in Muskellunge, *Esox masquinongy*, Mitchill. J. Fis Biol., 17, 649-659.

BOUCK, G. R. AND R. C. BALL, 1966 : Influence of Capture Methods on Blood Characteristics and Mortality in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Trans. Am Fish. Soc., **95**, 170-176.

BOUCK, G. R., M. A. CAIRNS AND A. R. CHRISTIAN, 1978 : Effect of Capture Stress on Plasma Enzyme Activites in Rainbow Trout (*Salmo gaidneri*). J. Fish. Res. Board Can., **35**, 1485-1488.

CASILLAS, E. AND L. S. SMITH, 1977 : Effect of Stress on Blood Coagulation and Haematology in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish Biol., **10**, 481-491.

CHAVIN, W. AND J. E. YOUNG, 1970 : Factors in the Determination of Normal Serum Glucose Levels of Goldfish, *Carassius auratus L.*, Comp. Biochem. Physiol., **33**, 629-653.

FERREIRA, J. T., G. SMIT AND H. J. SCHOONBEE, 1981 : Haematological Evaluation of the Anaesthetic Benzocaine Hydrochloride in the Freshwater Fish, *Cyprinus carpio* L. J. Fish Biol., **18**, 291-297.

HATTINGH, J., 1977 : The effect of Tricaine Methanesulfonate (MS222) on the Microhaematocrit of Fish Blood. J. Fish Biol., **10**, 453-455.

HOUSTON, A. H., J. A. MADDEN, R. J. WOODS AND H. M. MILES, 1971 : Some Physiological Effects of Handling and Tricaine Methanesulfonate Anesthetization upon the Brook Trout, *Salvelinus fontinalis*. J. Fish. Res. Bd. Canada, **28**, 625-633.

池田弥生，1976：養殖ハマチの血液成分に関する診断学的研究，京都大学農学部学位論文， 4～9.

石岡宏子，1980 a ：海産魚のストレス反応に関する研究－Ｉ，温度変化によるストレス反応．日水誌，**46**. 523-531.

石岡宏子，1980 b ：急激な塩分変化がマダイの血液性状におよぼす影響．日水誌，**46**，1323-1331.

石岡宏子，1982：飼育水の酸素分圧低下によるマダイの血液性状変化．日水誌，**48**，165-170.

KONAGAYA, T., 1977 : Change of Body Temperature of Tuna During Hauling Operation. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**, 1351.

LEIVESTAD, H., H. ANDERSEN AND P. F. SCHOLANDER, 1957 : Physiological Response to Air Exposure in Codfish. Science, **134**, 505.

MCFARLAND, W. N., 1960 : The Use of Anesthetics for the Handling and the Transport of Fishes. California Fish and Game, **46**, 407-431.

NAKANO, T. AND N. TOMLINSON, 1967 : Catecholamine and Carbohydrate Concentrations in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) in Relation to Physical Disturbance. J. Fish. Res. Bd. Canada, **24**, 1701-1715.

PASANEN, S., M. VILJANEN AND E. PULKKINEN, 1979 : Stress Caused by the "Mark-recapture" Method to *Coregonus albula* (*L.*). J. Fish Biol, **14**, 597-605.

PICKERING, A. D. AND D. J. MACEY, 1977 : Structure, Histochemistry and the Effect of Handling on the Mucous Cells of the Epidermis of the Char, *Salvelinus alpinus* (*L.*). J. Fisn Biol., **10**, 505-512.

PICKERING, A. D., Y. G. POTTINGER AND P. CHRISTIE, 1982 : Recovery of the Brown Trout. *Salmo trutta L.*, from Acute Handling Stress. : A Time-course Study. J. Fish Biol., **20**, 229-224.

RANDALL, D. J., 1962 : Effect of an Anesthetic on the Heart and Respiration of Teleost Fish. Nature, **195**, 506.

関沢泰治，1978：魚類と薬物，麻酔剤を例として．生態化学，**1**，(1)，13-28.

SMIT. G. L., J. HATTINGH and A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Interspecies Differences. J. Fish Biol., **15**, 633-643.

SMIT, G. L., J. HATTINGH AND A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Intraspecies Differences. J. Fish Biol., **15**, 645-653.

SMIT, G. L., J. HATTINGH and A. P. BURGER, 1979 : Haematological Assessment of the Effects of the Anaesthetic MS222 in Natural and Neutralized form in Three Freshwater Fish Species : Haemoglobin electrophoresis, ATP levels and Corpuscular Fragility Curves. J. Fish Biol., **15**, 655-663.

SMITH, A. C., 1976 : Occult Haemoglobin in Fish Skin mucus as an Indicator of Early Stress. J. Fish Biol., **9**, 537-541.

SOIVIO, A., M. MALKONEN and O. TUURALA, 1974 : Effects of Asphyxia and MS222 Anaesthesia on the Circulation of the Kidney in *Salmo gairdneri* RICHARDSON. A. Microscopical Study. Ann. Zool. Fennici., **11**, 271-275.

SOIVIO, A. AND A. OIKARI, 1976 : Haematological Effeccts of Stress on a Teleost, Esox lucius L. J. Fish Biol. **8**. 397-411.

SOIVIO, A. K. NYHOLM AND M. HUHTI, 1977 : Effects of Anaesthesia with MS222, Neutralized MS222 and Benzocaine on the Blood Constituents of Rainbow Trout, *Salmo gairderi*. J. Fish Biol., **10**, 91-101.

SOIVIO, A. AND G. M. HUGHES, 1978 : Circulatory Changes in Secondary Lamellae of *Salmo gairdneri* Gills in Hypoxia and Anaesthesia. Ann. Zool. Fennici., **15**, 221-225.

SPIELAR, R. E., 1974 : Short-term Serum Cortisol Concentrations in Goldfish (Carassius auratus) Subjected to Serial Sampling and Restraint. J. Fish. Res. Board Can., **31**, 1240-1242.

STEVENS, D., 1972 : Change in Body Weight Caused by Handling and Exercise in Fish. J. Fish. Res. Bd. Canada, **29**, 202-203.

STRANGE, R. J. AND C. B. SCHRECK, 1978 : Anesthetic and Handling Stress on Survival and Cortisol Concentration in Yearling Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). J. Fish. Res. Board Can., **35**, 345-349.

STRANGE, R. J., 1980 Acclimation Temperature Influences Cortisol and Glucose Concentrations in Stressed Channel Catfish. Trans. Am. Fish. Soc., **109**, 298-303.

田村修・塩崎晴朗・藤原清・平島豁，1967：活魚輸送に関する基礎的研究一 I，麻酔剤と低温の魚類酸素消費量に及ぼす影響．長崎大学水産学部研究報告，第22号，57-67.

UMMINGER, B. L., 1973 : Death Induced by Injection Stress in Cold-acclimated Goldfish, *Carassius auratus*. Comp. Biochem. Physiol., **45A**, 883-887.

WARDLE, C. S., 1972 : The Changes in Blood Glucose in *Pleuronectes platessa* Following Capture from the Wild. : A Stress Reaction. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **52**, 635-651.

WEDEMEYER, G., 1970 : Stress of Anesthesia with MS222 and Benzocaine in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, **27**, 909-914.

WEDEMEYER, G., 1972 : Some Physiological Consequences of Handling Stress in the Juvenile Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Steelhaed Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, **29**, 1780-1783.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# 輸送時のマダイの血液性状，成分の変動*

石 岡 宏 子

# Stress Responses to Transportaion in the Red Sea Bream, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL)

Hiroko ISHIOKA

Red sea breams, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL), were transported experimentally by ship in living wells (1×1×1 m) with sea water flowing and by the container on the truck, which were made of thick polyvinyl baggage. The container contained 20 l of sea water and was closed tightly after blowing pure oxygen gas for 30 seconds.

Some blood parameters of the fish were measured before, during and after transportation. Transportation immediately after loading into the living well of the ship caused hyperglycemia of the fish after 2 hour-transportation and some individuals showed high haematocrit value and high serum sodium level, though loading 24 hours before transportation did not produce any signs of stress responses.

Transportaion in the container also caused remarkable hyperglycemia even when the fish were loaded one day before. Serum sodium levels were comparatively constant and haematocrit values were lower than controls. It was considered that these changes depended on severe confinement and high dissolved oxygen tensions in closed transporting systems.

マダイは周年にわたり日本沿岸で捕獲され，刺身材料としての需要も多く，活魚の商品価値はきわめて高い。さらに近年はマダイ資源培養を目的とした種苗放流も盛んに行なわれるようになった。これらの情勢はマダイの活魚輸送の重要性を増し，ひいてはその研究の必要性を増大させている。

輸送時の魚の生理学的性状の変化に関しては古くから興味を持たれ，生理学的観点からのみならず実用的観点からの研究も多い。特に魚の呼吸と排泄の生理学は活魚輸送の基本であるところから重点的に研究されてきた。しかしその基となる物質代謝面からの研究は局部的には深められているが必ずしも十分ではない。

ここでは，輸送時のマダイの血液性状にあらわれる変化をストレス反応の観点からみるために，

1983年6月23日受理，南西海区水産研究所業績　第135号，〒739-04　広島県佐伯郡大野町
*マダイのストレス反応に関する研究—V，

輸送にともなうマダイの血液のヘマトクリット値，グルコース量，血清ナトリウム量の変動を問題にした。

## 材料と方法

供試マダイは原則として広島県内で種苗生産された養殖魚を実験1カ月前に購入し，1トンのコンクリート水槽で生鮮生ガキを餌料として飼育していたものを用いた。実験の24時間前から餌料投与を中止した。輸送条件および供試魚の概要を Table 1 に示した。

Table 1. The experimental conditions during transportations.

| No. of experiment | Date | No. of fish | Fish size (Mean ± S. D.) | | Experimental conditions |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Length (cm) | Weight (g) | |
| Live well transportation by the ship | | | | | |
| I | '76, May 17 | 20 | 12.8±1.18 | 74.4±19.00 | The fish was transported for 2 hrs soon after being transferred from the stock nets to the living well with influent sea water. |
| II | '76, Jul. 22 | 10 | 15.2±1.06 | 122.5±27.91 | The same as above but the fish was transported for lhr. soon after being transferred. |
| III | '77, May 30 | 20 | 11.6±0.64 | 51.6± 7.46 | The same as above but the fish was allowed to recover in the living well for a day before transportation. |
| Container transportation by the truck | | | | | |
| IV | '81, Jun. 11 | 15 | 11.1±0.80 | 30.7± 6.78 | Five fish were confined in each polyvinyl bag (20 l sea water) with the oxygen gas filled and transported at once. |
| V | '81, Jun. 12 | 20 | 11.5±0.80 | 32.7± 7.54 | The same as above but the fish was allowed to recover in the bag for a day before transportation. |

Water temperature 20.5-21.5°C

実験Ⅰから実験Ⅲまでは，活魚倉（1×1×1 m）を持った小型船“せと”による輸送実験であり，活魚倉の一部は開口しており，海水交換を行ないながらの輸送である。船の速度は 18.5 km/h 程度であった。

実験Ⅰは広島県音戸町の広島県水産試験場の網生簀より，同所で種苗生産されたマダイを手網で取り上げ，船に収容し，2時間かけて水産研究所まで輸送した。

実験Ⅱは広島県沖美町で種苗生産され飼育されていたマダイを取り上げ，1時間輸送した。

実験Ⅲは輸送に入る前段階での取り扱いの影響が大きいと考えられたので，輸送24時間前に活

魚倉へ収容し放置した後，輸送実験を行い，経時的にマダイを取り上げ採血を行なった。

実験Ⅳ，Ⅴは，コンテナによる陸上輸送実験である。二重大型ビニール袋にロ過海水20ℓを入れ，これに5尾宛マダイを収容し，直後に酸素ガス（99%）を30秒間吹き込んで密閉し，ダンボール箱に入れトラックに積み込んで輸送した。酸素吹き込み直後のウインクラー法による溶存酸素量は14.3mℓ/ℓでありこの間の水温は20.5〜21.5℃であった。

この際次の2つの取り扱い法を用いた。実験Ⅳは保存水槽から取り上げて直ちにコンテナに移し輸送を行なった。実験Ⅴは取り扱いの影響を除くために，輸送の24時間前にマダイを輸送コンテナに収容し，その容器内でエアレーションを行なった。

コンテナ輸送中の溶存酸素量は酸素吹き込み直後よりやや多く，1時間輸送以後全実験期間を通じて16.1±1.60mℓ/ℓ（n＝12）であった。

輸送直前コンテナに酸素を吹き込む前に5尾より採血しこれを対照区とした。

輸送中，および輸送後の適当な時期に5尾ずつ収容のコンテナを1個ごと開封しマダイのキュビエ氏管より採血し，これらよりヘマトクリット値，血清グルコース量，血清ナトリウム量の分析を行なった。ヘマトクリット値はミクロヘマトクリット法により，血清グルコースは酵素法により，血清ナトリウムは原子吸光分析により測定した。

## 結　　果

ヘマトクリット値の推移を Fig. 1 に示した。全体的に個体差が大きいが，船舶輸送とコンテナ

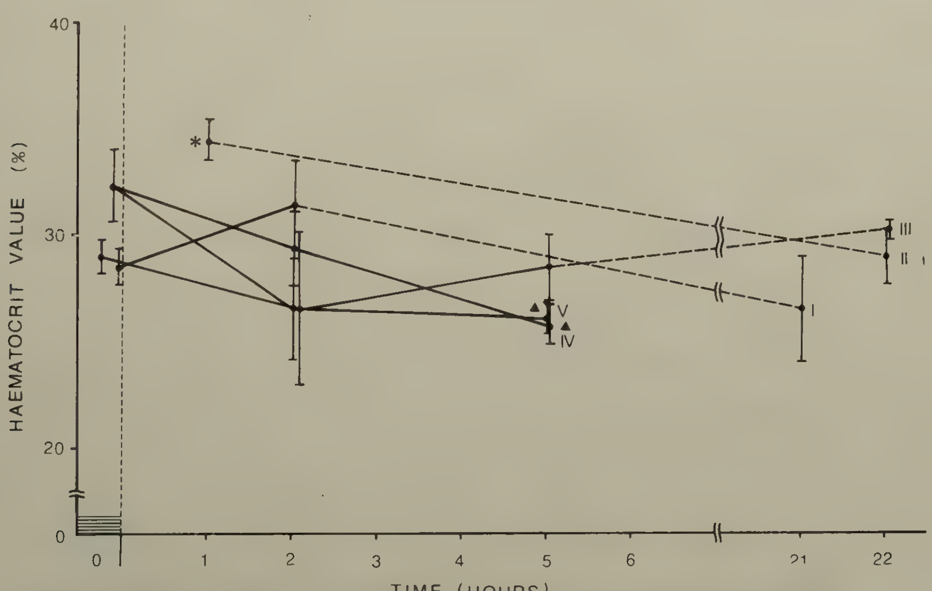



Fig. 1 Haematocrit values of the red sea bream during and after transportation (n=5, Mean±S. E.)
Solid line: during transportation, Dotted line: after transportation
*, ▲: significantly different from controls. (p≦0.05)
Numerals of I,II,III IV,V are the same as those in Table 1.

輸送では様相が異なっている。船活魚倉輸送の場合，実験Ⅰ，Ⅱでは，1時間，2時間の輸送直後の値は，コントロール値や回復後の値に比べて高い傾向が認められるが，実験Ⅲのように輸送直前の“取り扱い”の影響を避けた実験では，ほとんど変化が認められなかった。コンテナ輸送の場合には輸送終了時には有意に低いヘマトクリット値が得られた。

血清グルコース量の変化を Fig. 2 に示した。この値は大きく変化するが，輸送方法によって変化の様相や変化の程度が異なる。活魚倉輸送Ⅰ，Ⅱでは輸送終了直後のグルコース値は極めて大きいが，実験Ⅲではわずかに上昇の傾向は認められたものの有意差は生じなかった。コンテナ輸送では，実験Ⅳ，Ⅴ共に同程度のグルコース増加が認められ，有意に高い値を示した。

血清ナトリウム量は対照区の値をみても（Fig. 3）実験の時期や年度によって値が大きく異な

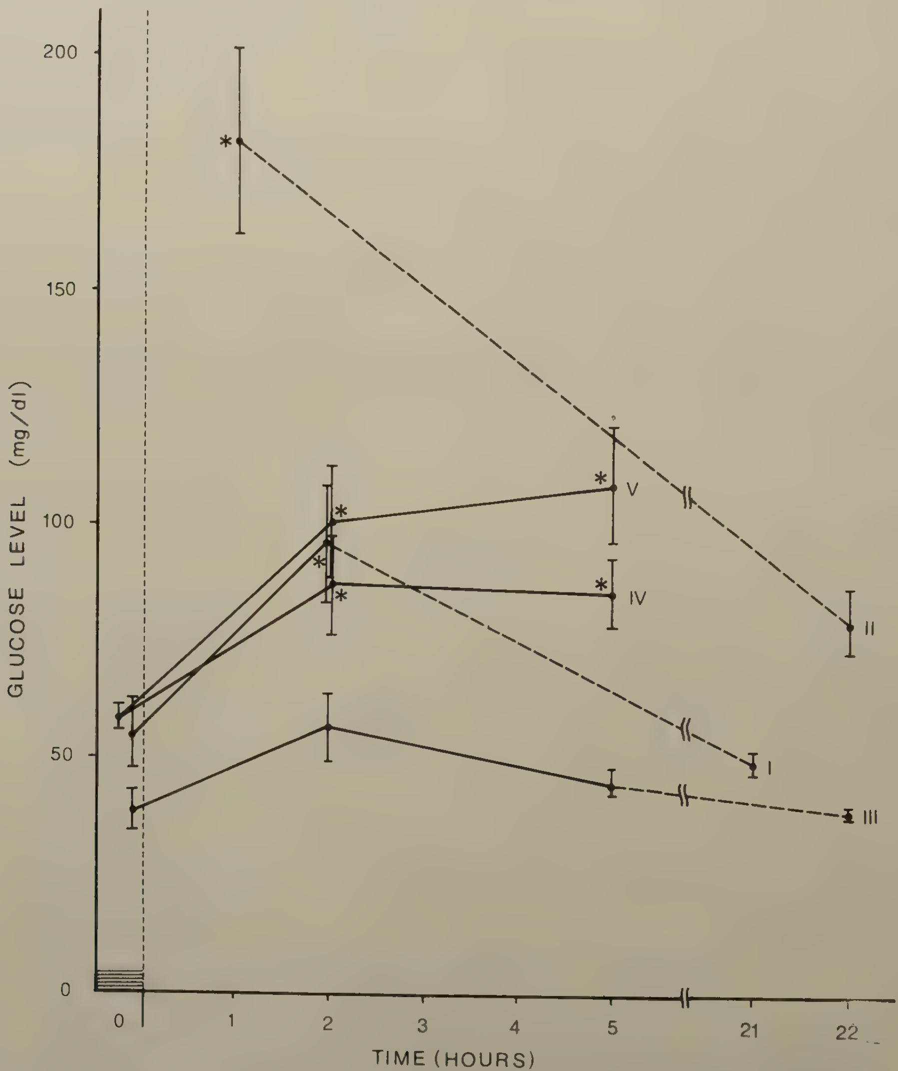



Fig. 2. Serum glucose level of the red sea bream during and after transportation. Numerals, lines and symbols are same in Fig. 1. (n=5, Mean±S. E.)

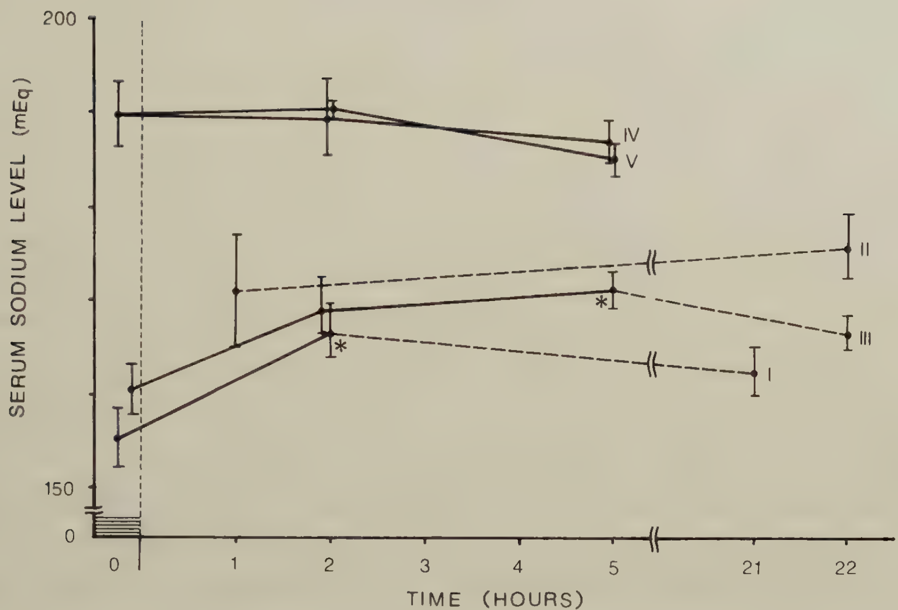



Fig. 3 Serum sodium level of the red sea bream during and after transportation (n=5, Mean±S. E.) Numerals, lines and symbols are same in Fig. 1.

っている。活魚倉輸送の場合には，実験Ⅰ，Ⅲでいづれも，ゆっくりとした増加の傾向が認められたが，実験Ⅱの1時間輸送直後には22時間後の値と比べて，増加傾向はみられなかった。トラック輸送の実験では，いずれも高い血清ナトリウム量を示すが増加あるいは減少の傾向は認められなかった。

## 考　　察

輸送される魚はその過程で，ネットによる移しかえ，強制運動，強制収容，環境要因変化（温度，酸素量等）振動，高密度収容，水質悪化等のストレッサーに，複合的かつ連続的に曝露されることになる。これら個々のストレッサーに対する魚の反応は生理学的観点から研究されてきており，他方，これらの複合された輸送そのものが魚に与える影響については，実用的な必要性から古くから研究されている。その内容は大きくわけると，輸送方法の技術的問題を中心課題としたものと，輸送が魚類の生理におよぼす影響を中心としたものの二つに分けられる。後者についてはストレス反応の概念を根底に含んでいるものも多い。

輸送が魚の生理に与える影響としては，輸送中の魚の酸素消費量が多く測定された（林，1977）。この時魚の血液酸素結合能等も測定され，板沢（1982）は水無し輸送，タンク輸送，プラスチック袋輸送時の酸素収支をまとめ，水中の炭酸ガス，pH，アンモニア，懸濁物，温度，魚の興奮等が，輸送中の魚の酸素収支に影響を与えるとした。

諸岡（1967）によるとマダイ活魚輸送の実際では，水温15～20℃で酸素消費量120mℓ $O_2$/kg. hr.

を概算の基礎とすればよいとしている。田中（1965）も小ダイで，これに近い値を示し，輸送前の"取り扱い"の影響が数時間残ると報告した。

興奮や"取り扱い"に関する魚のストレス反応の報告は石岡（1983）が述べたように最近多くなっているが，輸送時の反応もこの観点からの研究がみられるようになった。

輸送時の内分泌系反応としては血中コーチゾール量が定量されている。Specker and Schreck（1980）はギンザケ（*Oncorhynchus kisutch*）稚魚を200ℓのプラスチック容器に入れ陸上輸送し，収容密度の大小，海水，淡水の種類等にかかわらず，輸送直後には極めて高い値を得ている。また，Barton *et al*. (1980) はニジマス稚魚で捕獲からトラック輸送を経て再収容までの血漿コーチゾール量の変動をみており，輸送の影響は数日間残るとしている。さらに，この傾向は通気方法の変更や食塩添加，麻酔，低温輸送等輸送条件を変えても変らず現在の技術水準ではストレス反応を阻止することはできないと結論づけた。

内分泌系反応以外で最も顕著な変化は今回の実験で明らかにされたように血糖値の上昇である。しかし，輸送中に血糖を測定した例は少なく，また，今回の実験にもみられるようにその結果のばらつきも大きい。Tandon and Joshi (1973) はナマズ (*Heteropneustes fossilis*) を河から取り上げ水槽に入れ，実験室まで運ぶ過程を経た後の魚の血糖値の変化を追跡して一過性の著しい増加を報告している。Fletcher（1974）はヒラメ類（*Pseudopleuronectes americanus*）を野外で捕獲し，研究室まで輸送した時の血液成分を調べ，血中グルコース量が増加したとしている。

Pasanen *et al*.（1979）も *Coregonus albula*（*L*.）で捕獲，輸送，標識付け等の後の血中グルコース量と血中乳酸量を測定し，数時間を経ても非常に高い値が継続することを報告している。Aldrin, Messager *et* Mevel（1979）はギンザケを輸送した時，血漿グルコースでは平均値で有意差は生じなかったが，輸送後数時間は高い値がみられるとしている。

今回の実験で，船舶による輸送では，"取り扱い"の影響を除いた時には，グルコース量の変化が大きくない事実と，コンテナ輸送時の高い容存酸素分圧と狭い容器への収容の場合には，事前の"取り扱い"条件の有無にかかわらずグルコース量が高かったという事実は，輸送時の"取り扱い"，環境条件変化の在り方が，血糖値を大きく左右する原因であることを示している。

輸送中の魚の乳酸生成については，輸送技術によって制約される酸素量と魚の嫌気的代謝の関係の観点から注目され，比較的古くから研究が進められた。Hayashi *et al*.（1964）はニジマスについて輸送中，および後の血液，筋肉中の乳酸量は輸送開始後数分で増加するが，時間経過と共に減少する傾向を示し，この乳酸生成は絶食魚で少なかったとしている。前述の Tandon *et al*. (1973) はナマズの場合，輸送後数時間して最大に達する血中乳酸量の増加があると報告し，Pasanen *et al*. (1979) は季節によってその程度は異なるが，乳酸量の一時的増加を報告している。これら血中乳酸量の増加は筋肉中に生成された乳酸に由来すると考えられ，Hayashi *et al*. (1964)，井上・古市（1979）によるとニジマスやマダイでは，輸送中の筋肉中乳酸含量は血中乳酸量に比べて高い値を示す。最近，Wardle (1978) は筋肉組織からの乳酸の血中への放出がアドレナリンによって制御されると報告している。これは取り扱いや輸送時に遅れて起る血中乳酸量の増加現象をうまく説明しているように思える。

輸送による浸透圧変化や血中無機塩量の変動についての報告もいくつかみられる。HATTINGH AND PLETZEN (1974) はナマズ (*Labeo umbratus*) を空気の吹き込みと酸素95%炭酸ガス5%の混合ガスの吹き込みを行ないながらタンクで輸送した結果1，2日後の血液性状はその後2週間以上経過した血液性状と比べて浸透圧が低いと述べている。FLETCHER (1974) はヒラメ類で捕獲と輸送後に血漿浸透圧，血漿ナトリウム量，血漿クロライド量，血漿カリウム量は増加するとしている。ALDRIN *et al*. (1979) はギンザケで血中ナトリウム量は輸送により増加し，塩素量とカリウム量は減少したと報告している。今回のマダイによる実験では船舶輸送の場合に血清ナトリウムの一部増加が認められた場合があるが，コンテナ輸送時には特に大きな変化は認められなかった。この実験結果や諸報告から判断する限りでは血中無機塩の変動様式は必ずしも一致しない。

ヘマトクリット値等の血液性状については，ALDRIN *et al*. (1979) はギンザケで，FLETCHER (1974) はヒラメ類で，輸送後数時間のヘマトクリット値は極めて大きいとしている。一方，HATTINGH AND PLETZEN (1974) は輸送後1～2日にはヘマトクリット値の低下を報告しており意見は一致していない。これについては対照との比較基準や経過時間の相違を考慮する必要があり，詳細な経時的変化の追跡が今後の課題であろう。今回の実験結果でも，明瞭な一定の傾向は認め難かった。活魚倉輸送実験Ⅱでは輸送直後に有意に高い値を認めたが，実験Ⅲの“取り扱い”を除いた条件では有意差を得ていないことを考えあわせると，この値の増加は“取り扱い”の影響が大きいと考えた方が妥当であろう。実験ⅣとⅤのコンテナ輸送の場合には5時間輸送後にヘマトクリット値の有意な低下を得ているが，時間経過と値から考えると，これは過飽和な酸素濃度の影響と考えざるを得ない。

ヘモグロビン量に関しては，ヘマトクリット値同様，増加を示す報告 (ALDRIN *et al*. 1979) もみられるが，HAYASHI *et al*. (1964)，HATTINGH AND PLETZEN (1974) の報告とは一致しない。

環境要因変化，麻酔，取り扱い等にみられる魚のストレス反応が，輸送という複合的ストレッサーに暴される条件下でも同様に起るか否かを検討し，ヘマトクリット値，血清グルコース量，血清ナトリウム量に変化が認められる場合のあることが今回の実験で確認された。しかしすべての実験の場合にかならずしも同一の変動様式を見出すに至らなかったことは他の諸報告と同様な大きな特徴の一つである。すなわち反応の大きさ，反応が最大に達する時間帯等が実験ごとに異なっている。これは魚種の相違もさることながら，与える実験条件を，ストレッサーとして考えた時に，それぞれの強度と作用時間が異なることに由来すると考えざるをえない。すなわち，捕獲の方法，取り扱い，収容密度，収容水の状態，輸送条件，魚の慣れ等が個々の場合で異なるため，均一で一律な反応としては把握しにくいものと考えられる。ただし，今回の活魚倉輸送実験結果や，諸報告の反応時間と反応の大きさから，捕獲や輸送前の“取り扱い”の影響が極めて大きいことは予想される。活魚倉輸送とコンテナ輸送ではストレッサーの種類や強度が異なることは当然であるが，どちらの場合も直前の“取り扱い”ストレスを避けることはできない。しかしその後の水質も含めた環境要因変化ストレスの在り方は大きく異なり，この点では密閉系のコンテナ輸送よりも船の活魚倉輸送の方が危険が少ないと考えられる。

海産魚成魚の輸送の多くは活魚倉のある船が用いられているが，近年放流等で使われる卵や稚仔魚を含めて成魚についてもコンテナ輸送が増えつつある（橋本1982，武田ら1972，村井ら1982)。それは短時間での遠距離輸送を可能にした輸送手段の発達を利用して，長時間輸送後の斃死率増大等の悪影響（BOGDAN AND WALUGA 1980）を避けるためである。BARTON *et al*.（1980）が述べているように，生理学的負荷軽減の絶対的条件を探すことは困難であるとしても，“取り扱い”の工夫や輸送条件を細かく検討することによって，疲弊にまで至らない範囲で輸送を完了することは可能であろう。新しい輸送方法に対応した新たな技術，考え方が期待される。

## 摘　　要

マダイ輸送時にどの程度のストレス反応が起っているかを知るために，船舶活魚倉輸送と，トラックコンテナ輸送を行なった。船舶輸送の場合には，1×1×1mの生簀に魚を収容し18.5km/hで運行し，海水は船底からの流入流出にまかせた状態で行ない，コンテナ輸送の場合には，大型厚手ビニール袋に20ℓの海水を入れ，これに酸素ガスを30秒間吹き込み，その後密閉し段ボール箱に収容しトラックに積み込み輸送した。輸送中，輸送後の適当な時間に魚を取り上げ，キュビエ氏管より採血し，ヘマトクリット値を測定し，分離した血清についてグルコースとナトリウム量をそれぞれ酵素法，原子吸光分析により測定した。

船舶輸送の場合に，輸送直前に魚を収容した場合には顕著な血糖値増加が認められ，また，ヘマトクリット値，血清ナトリウム量増加が認められる場合もあった。しかし，24時間前に魚を収容しておくと顕著な血糖値上昇は認められなかった。このことは，“取り扱い”の影響が極めて大きいことを意味している。

コンテナ輸送の場合には，収容時間の如何を問わず，顕著な血糖値増加が認められ，ヘマトクリット値は高溶存酸素の影響による低下が認められた。

魚の輸送時に，ストレス反応が起っていることは明らかである。その反応の起り方は実験毎に異なり，輸送のような複合的なストレッサーの影響に対する反応は必ずしも一定でないと判断された。

本研究をまとめるにあたり，御校閲と御鞭撻をいただいた東京水産大学，尾崎久雄教授，京都大学，池田静徳教授に深謝いたします。

## 文　　献

ALDRIN J. F., J. L. MESSAGER *et* M. MEVEL, 1979: A study of transport stress in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Aquaculture, 17, 279-289.

BARTON, B. A., R. E. PETER AND C. R. PAULENCU, 1980: Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport and stocking. Can. J.

Fish. Aquat. Sci., 37, 805-811.

Barton, B. A. and R. E. Peter, 1982: Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anaesthesia and cold shock. J. Fish Biol., 20, 39-51.

Bogdan, E. and D. Waluga, 1980: The effect of transport on the quality of eel stocking material. Aquaculture, 20, 139-146.

Fletfher, G. L., 1974: The effects of capture, "stress" and storage of whole blood on the red blood cells, plasma proteins, glucose and electrolytes of the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). Can. J. Zool., 53, 197-206.

橋本進，1982：サケ親魚の活魚輸送時に必要な酸素放出量について，北海道さけ，ますふ化場研究報告（36），71—73.

Hattingh, J. and A. J. J. Van Pletzen, 1974: The influence of capture and transportation on some blood parameters of fresh water fish. Comp. Biochem. Physiol., 49A, 607-609.

Hayashi, K., N. W. Green and E. C. Black, 1964: Carbohydrate metabolism during transportation of live rainhow trout, *Salmo gairdneri*. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie, 5 (1), 51-129.

林孝市郎，1977：14，活魚輸送，306—317，川本信之編，魚類生理学 pps 605，恒星社厚生閣，東京.

井上進・古市政幸，1979：活魚輸送中の水ゆれ放止型水槽の試作について. Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ., (4), 79-114.

石岡宏子，1983：麻酔および取り扱いストレス時の血液性状変化. 南西海区水産研究所研究報告，(16)，53—62.

板沢靖男，1982：I 輸送中の生理1. 呼吸，9—21. 水産学シリーズ39 活魚輸送，137 pps. 恒星社厚生閣，東京.

諸岡等，1967：活魚輸送に関する研究. 長崎県水産試験場論文集，No. 3，1—53.

村井衛・青木雄二・西村和久，1982：マダイ受精卵の46時間輸送結果について. 水産増殖，30；43—47.

Pasanen, S., M. V. Viljanen and E. Pulkkinen, 1979: Stress caused by the "mark-recapture" method to *Coregonus albula* (*L*). J. Fish Biol., 14, 597-605.

Specker, J. L. and C. B. Schreck, 1980: Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37, 765-769.

武田年秋・鳥島嘉明・平島豁，1972：マダイの受精卵およびふ化仔魚の海上輸送について. 栽培漁業技術開発研究，1(1)，21—23.

田中俊次，1965：海産魚の陸上活輸送を目的とする呼吸作用に関する基礎研究(予報). 京都府水産試験場業績，第22号，14—20.

Tandon, R. S. and B. D. Joshi, 1973: Blood glucose and lactic acid levels in the fresh water fish, *Heteropneustes fossilis*, following stress. Z. Tierphysiol., Tiernahrg. u. Futtermittelkde., 31, 210-216.

Wardle, C. S., 1978: Non-release of lactic acid from anaerobic swimming muscle of plaice, *Pleuronectes platessa L.*: A stress reaction, J. Exp. Biol., 77, 141-155.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# マダイ摘出組織標本におけるグルコースおよび脂肪酸遊離に与える各種ホルモンの影響

石 岡 宏 子

# Effects of Epinephrine, Glucagon, Cortisol and Insulin on Hepatic Glucose Release and Free Fatty Acid Release in Isolated Tissues of the Red Sea Bream, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCHLEGEL)

Hiroko ISHIOKA

In vitro studies were conducted on the metabolic effects of epinephrine, glucagon extracted from a mixture of bovine and porcine pancreas, cortisol and bovine insulin on isolated tissue samples of the red sea bream, *Pagrus major* (TEMMINCK *et* SCGLEGEL).

Liver slices incubated for one hour in Kreb's bicarbonate ringer blowed with 95% $O_2$ and 5% $CO_2$ gas at 25°C released some amounts of glucose. Epinephrine (10μg/ml) and glucagon (17μg/ml) enhanced the glucose release from liver slices while cortisol (10μg/ml) and insulin (10μg/ml) suppressed partially the glucose output.

Epinephrine, glucagon and insulin were without effect on free fatty acid release from slices of liver, fin muscle and adipose tissue even after 3-hour incubation. Cortisol slightly stimulated free fatty acid release from liver slices.

In vitro, epinephrine, glucagon and insulin in red sea breams induced similar effects on carbohydrate metabolism to those in warm blooded animals.

魚類においても，ストレス反応時の特徴は血中エピネフリンやコーチゾール等のホルモン増加と血液中グルコースの増加にあることはよく知られている。

魚類のストレス反応時の血中グルコース増加は肝臓グリコーゲンに由来するとDemaël *et* Garin (1974, 1978) は述べているが，グルコースがこれらのホルモンによって肝臓よりどのように遊離されるか，また，魚類ではあまり研究されていない肝臓，その他の組織からの脂肪酸の遊離がホルモンによって制御されるかどうかを知ることはストレス反応時の代謝機構を明らかにするために重要なことである。ホルモンと血中グルコース増加の関係は主に in vivo 系の実験で観察されてきた。しかし，魚類の場合には，石岡 (1984) の報告にみられるように，in vivo 実験に際して，種々な"取り扱い"が強いストレッサーとなるので in vivo 実験系による現象

1983年7月11日受理，南西海区水産研究所業績，第136号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

の解析は容易でない。

そのため，本報では摘出しスライスした肝臓，筋肉，腹腔内指肪組織について，エピネフリン，グルカゴン，コーチゾール，インスリンが，グルコースおよび脂肪酸遊離に与える影響を in vitro 実験系で調べたのでその結果を報告する。

## 材料と方法

**供試魚**：マダイは，養殖三年魚を用いた。広島湾内養殖業者から購入し，船舶輸送した魚を水産研究所の1トンコンクリート水槽で生ガキを餌料として与え約1ヶ月間飼育した。水温は自然海水温で21.0〜25.5℃の範囲にあった。実験前24時間は無投餌とした。

組織標本の調整：マダイを飼育水槽から取り上げ，直ちにキュビエ氏管より採血しできるだけ血液を除いた。その後体長，体重を測定し，開腹し，肝臓を取り出し，5㎜程度の厚さのブロックとして切り出し，これを氷冷したカルシウム不含クレブス氏緩衝液に入れた。スタディ・リグス型スライサーを用いて常法により肝スライス標本を作製した。肝臓組織の比重を1として計算すると肝スライス標本の厚さは約0.45㎜であった。

筋肉組織標本は，石岡（1983）の方法により，胸鰭骨上体表側筋肉を剝離して用いた。

腹腔内脂肪組織標本は卵巣や腸管の周辺から採取し，血管や腸間膜組織が入らないように注意して，これを50㎎程度の細片としたものを用いた。

組織標本は氷冷したカルシウム不含クレブス氏緩衝液中に保存した後，培養緩衝液に入れ実験に供したが脂肪組織のみは氷冷の取り扱いを行わなかった。1回の実験では1個体の各組織標本を同一条件で同時に扱い，対照としては同一個体のものを用いた。

**培養方法**：培養液は肝臓からのグルコース遊離実験にはクレブス氏重炭酸緩衝液（pH 7.4）を用い，脂肪酸遊離実験にはクレブス氏燐酸緩衝液（pH 7.4）を用いた。20㎖ゴム栓付きフラスコにそれぞれの緩衝液を3㎖づつ分注し，一定量のホルモンを添加した。対照区は緩衝液のみで，実験区には Epinephrine（30$\mu$g），Glucagon（50$\mu$g），Cortisol（30$\mu$g），Insulin（30$\mu$g），を添加した。用いたホルモンはいづれも Sigma 社の（−）Epinephrine No-E-4250, Glucagon No. G-4250 Hydrocortisone No. I-1-4001, Insulin No. I-5500であった。

組織標本は25℃の緩衝液中で15分間予備培養を行なった後，0.2〜0.5㎎の範囲で組織片を取り上げ，酸素95％炭酸ガス5％を吸き込みながら培養フラスコに入れ，クレブス氏重炭酸緩衝液中の組織標本は1時間，クレブス氏燐酸緩衝液中の組織標本は3時間の振盪培養を行なった。正確に規定時間後，培養フラスコを氷水中に入れて反応を停止させ，直ちに中の組織片を取り除いた。

重炭酸緩衝液は遊離グルコース量の定量に供した。一方，燐酸緩衝液中の取り出した組織片は重量測定後緩衝液と共に遊離脂肪酸の定量に供した。

**分析方法**：グルコースの定量は酵素法によった（藤沢メディカル：ニューグルコースタット「フジサワ」）。

脂肪酸定量は，重量測定後の組織標本を Dole 試薬でホモジナイズし，培養緩衝液と合わせ，

50mℓの遠沈管に移した後，Dole 液で抽出し，Trout (1960) の方法により行なった。

## 結　　果

重炭酸緩衝液中の肝臓組織標本からのグルコース遊離の結果を Table 1に示した。*in vitro* 実験系へのホルモンの添加は肝臓組織からのグルコース遊離に影響を与えることが明らかとなった。対照区（100%とする）に対してエピネフリン添加は，171.3%，グルカゴン添加は，165.7%とグルコース遊離量の増加を起した。これに対して，コーチゾールは93.3%，インスリンは86.8%となり，明らかに肝臓からのグルコース遊離を抑制する効果が認められた。

リン酸緩衝液中の肝臓，筋肉，脂肪組織からの脂肪酸遊離の結果を対照に対する%値で Table 2に示した。この値からみると個体差が非常に大きく，一定の傾向はみられず，肝臓，脂肪組織，

Table 1. The effect of epinephrine, glucagon, cortisol and insulin on the glucose release from the sliced liver of the red sea bream in Kreb's bicarbonate ringer.

| Fish number | Released glucose (mg/h/g tissue) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Control | Epinephrine* (10μg/ml) | Glucagon* (17μg/ml) | Cortisol** (10μg/ml) | Insulin* (10μg/ml) |
| 1 | 5.74 | 6.64 | 6.30 | 5.17 | 4.82 |
| 2 | 5.77 | 9.34 | 9.30 | 5.61 | 4.43 |
| 3 | 10.46 | 14.32 | 14.34 | 9.93 | 8.69 |
| 4 | 6.27 | 15.00 | 13.54 | 5.56 | 5.76 |
| 5 | 8.81 | 13.97 | 12.80 | 7.83 | 6.71 |
| 6 | 8.47 | 10.59 | 9.14 | 8.20 | 7.36 |
| 7 | 7.53 | 8.79 | 9.43 | 7.80 | 7.17 |
| 8 | 0.53 | 0.63 | 0.75 | 0.50 | 0.65 |
| 9 | 6.94 | 14.76 | 15.60 | 4.99 | 4.88 |
| 10 | 2.73 | 8.95 | 7.87 | 2.92 | 2.22 |
| mean ± S. D. (%) | 100.0 | 171.3±21.92 | 165.7±18.56 | 93.3±3.04 | 86.8±4.62 |

* Significantly different from controls (p≦0.01)
** Significantly different from controls (p≦0.05)

Table 2. The effect of epinephrine, glucagon, cortisol and insulin on free fatty acid release from isolated tissues of the red sea bream. The values are ralative percents to the controls (mean±S. D.).

| Tissue Preparation | Epinephrine (10μg/ml) | Glucagon (17μg/ml) | Cortisol (10μg/ml) | Insulin (10μg/ml) |
|---|---|---|---|---|
| Liver | 118.8±25.24 (8) | 113.2±22.09 (6) | 116.9±13.76* (7) | 119.3±40.89 (7) |
| Adipose tissue | 103.9±25.12 (8) | 109.4±36.63 (8) | 100.1±22.07 (8) | 90.05±18.24 (8) |
| Fin muscle | 110.2±13.58 (8) | 116.6±28.33 (7) | 112.7±24.59 (6) | 119.4±26.71 (8) |

* Significantly different from controls (p≦0.05)

筋肉いずれの場合にもエピネフリン，グルカゴン，インスリンの統計的に有意な効果は認められなかった。ただし，コーチゾールは，肝臓における脂肪酸遊離を増加させる傾向があるらしい。しかしこの実験の値のばらつきから考えると実験例数をさらに増加してみる必要があろう。統計的に有意ではないが，平均値で比較する限り脂肪組織からの脂肪酸遊離が肝臓，筋肉におけるよりも，どのホルモンによっても小さな値を示した。

## 考　　察

魚類の物質代謝におけるホルモンの作用機構に関する研究は哺乳動物に比べて非常に遅れている。その理由の一つは各魚種のホルモンの化学的構造の相違と活性の種特異性にあると考えられる。今回の実験で用いたホルモン4種類のうちグルカゴンとインスリンは，蛋白性ホルモンで哺乳類から抽出されたものを用いており，魚類のものとは化学的構造に一部分違いがある。ステロイドホルモンであるコーチゾールは多くの硬骨魚の血液中に存在する主たる Corticosteroid であることが確認されており，コルチコステロイドの実験においてよく用いられている。マダイについても，血液のジクロルメタン抽出物の中にコーチゾールが存在することを薄層クロマトグラフで確認することができた(石岡・石岡，1978)。エピネフリンについては NAKANO AND TOMLINSON (1967) が鮭科魚類で哺乳類のものと同一であることを確認し，ストレス時の血液中エピネフリン変動に関する報告もみられる (MAZEAUD *et al.* 1977)。

エピネフリンの生理学的作用については，魚類に関しても鱗の色素胞の収縮と拡散，血管の運動性や血圧の変化，血中白血球数の変動等が研究されている。炭水化物代謝に与える影響については特に in vivo 実験でエピネフリンを注射した後の血液中のグルコース量増加の報告例が多い。MAZEAUD (1964) はコイに100μg/kg体重のエピネフリンを投与し，20℃で3時間後に，10℃では10時間後に有意な血糖上昇を起したと報告した。BENTIEY AND FOLLETT (1965) は *Lampetrc fluviatilis* にアドレナリン (0.2mg/個体) を注射して1時間後に有意な血液グルコース増加を，また LARSSON (1973) はウナギ *Anguilla anguilla L.* に 0.5mg/kg 体重，5mg/kg体重の L-epinephrine bitartrate を腹腔内注射した時には1時間後から始まって24時間以上継続する高血糖が認められたとしている。THORPE AND INCE (1974) は，*Esox lucius L.* の血管にカニューレーションを施しこれから直接血管内に投与する方法で 0.05，1，5mg/kg 体重の量のエピネフリン投与後30分から顕著な高血糖を認め INCE AND THORPE (1977) はウナギで同様な方法でアドレナリン25，50μg/kg の投与が顕著な高血糖を起し，これの15分後から6時間に至る持続を観察している。MURAT (1976)，MURAT AND SERFATY (1975) はコイに100μg/100g 体重のエピネフリン注射で1時間後に6℃低温時にも高血糖の傾向がみられることを観察したが，最大値に達する時間とその値は温度によって大きく異なることを報告している。また PERRIER *et al.* (1971) はニジマスに0.5mg/kg体重の エピネフリンを 筋注し5時間後の 血糖値増加を 報告している。DEROOS AND DEROOS (1978) は，板鰓類 *Scyliorhinus stellaris* に75μg/kg体重のエピネフリンの動脈内直接注入により15分後から12時間以上にわたって続く高血糖を報告している。また，MORATA *et al.*

(1982 a, b) はニジマスにエピネフリンを腹腔内に注射した時に2時間後に高血糖を観察した。これらの諸報告は，投与方法，エピネフリンの化学的形態の相違には関係なく，エピネフリンは，円口類から板鰓類，硬骨魚類に至る魚類で哺乳類で認められたのと同じ高血糖を起すことを示しており，この高血糖の程度と持続時間や経時変化パターンは，投与量との関係が大きいことを示唆している。温度による差はあるものの反応の起り方（高血糖）が早いという点も共通しており，先に引用したように早い場合には投与後15分で明瞭な血糖上昇がみられる場合すらある。

魚類の *in vitro* 実験における肝臓からのグルコース遊離に関してはウナギで Hayashi and Ooshiro (1975 a, b) が0.5 mM のエピネフリンが60分間でコントロールの約2倍のグルコースを遊離させたと報告し，同一魚種の灌流肝を用いた実験でも，エピネフリン$10^{-2}$mM の添加は顕著なグルコース遊離を起したと報告している。Umminger and Benziger (1975) は *Ictalurus nebulosus* 肝の5㎜厚さの組織片を3㎖の緩衝液に入れ，これに20 μg/㎖ のエピネフリンを加えた時，30分間培養後のグルコース遊離が増大すると報告した。Birnbaum *et al*. (1976) はキンギョの遊離肝細胞で0.05 μM のエピネフリンが2時間にわたって直線的にグルコース遊離を増大させ続けると報告している。

このグルコース遊離に関するエピネフリンの効果は *in vivo* 実験系と *in vitro* 実験系で同一の傾向を示している。今回のマダイの肝スライス標本についても，個体差は大きいが，10μg/㎖ のエピネフリンはグルコース遊離を促進する効果を持つことを示した。

エピネフリンの脂肪酸動員作用に関する報告例は少なく，今回のマダイ実験結果のように顕著な効果のみられなかった例もある。Farkas (1967) はコイに2㎎/fish のエピネフリンを注射した後2時間して血液および，腹腔内脂肪を採取し，それぞれの遊離脂肪酸量を定量し，哺乳類とは異なり，この成分の増加は認められなかったとしており，腹腔内脂肪を用いた in vitro 実験でも，エピネフリンによる脂肪酸遊離の効果は認められなかったとし，hormone sensitive lipase が存在しないのではないかと推論している。一方，先に述べた Larsson (1973) によるウナギの *in vivo* 実験例では，高濃度（5㎎/kg）の注射では，1時間から24時間以上にわたる高脂肪酸血症が報告されている。Minick and Chavin (1973) はキンギョに10μg/kg体重のエピネフリンを筋注した後15分後に初まる血清脂肪酸の低下を報告し，Ince and Thorpe (1975) は *Esox lucius* でカニュレーションによりエピネフリン0.05㎎/kg体重を注入して Minick and Chavin と同様な血液中遊離脂肪酸の低下を報告した。このようにエピネフリンが血漿遊離脂肪酸量に対して全く相反する効果を持つと報告されている理由は明らかではない。今回の実験で用いたエピネフリン投与量は各魚種の in vitro 実験例で用いられた濃度の範囲内にあり，特に高い濃度ではないが，魚の生理学的攪乱時にみられる血中濃度よりは高い値である (Mazeaud *et al* (1977))。また，反応時間は1時間および3時間で *in vivo* 実験で行なわれるような長時間ではない。これらを考え合わせると，魚類ではエピネフリンはグルコース遊離には強い作用を持つが，緊急時に，短時間のうちに脂肪酸を動員する反応系は確立されていないのではないかと考えられる。

グルカゴンに関しての魚類での研究はあまり進んでいない。Epple (1969) は魚類におけるグルカゴン存在の報告をまとめ，さらに，哺乳類グルカゴンの効果に関して総括しているが，その

作用は未だ明確でないとしている。このホルモンは，種特異性がかなり高いが，一般的には哺乳動物のグルカゴン投与で，魚は高血糖を起すとされている。Thorpe and Ince (1974) は 1 mg/kg, 2 mg/kgの哺乳類グルカゴンの動脈内注入によって，*Esox* で高血糖を観察したが，血漿アミノ酸，コレステロールには変動をみていない。また彼ら (1977) は，ウナギ *Anguilla anguilla* に同じ処理をして15分後に最大血糖上昇を観察した。Umminger *et al.* (1975) は *Fundulus heteroclitus* を用いた in vitro 実験で，グルカゴンが肝臓のグリコーゲン・フォスフォリラーゼ活性の減衰を抑制することを確認し，このホルモンがグリコーゲン分解に大きく影響することを報告している。また Chan and Woo (1978 a), Inui and Yokote (1977) はウナギで0.1mg/kgの筋注，50～500 μg/kg腹腔内注射で有意な血糖値上昇を観察した。Carneiro and Amaral (1983) は *Pimelodus maculatus* で2.5mg/kg のグルカゴン腹腔内注射が15分後の有意な血糖上昇を示したとしている。これらはすべて硬骨魚において哺乳類のグルカゴンが血糖上昇作用を有することを示している。板鰓類に関しては，Bentley and Follett (1965), Murat and Plisetskaya (1977) によるとこの作用はみられない。グルカゴンの作用は硬骨魚においては反応の速度や血糖値の大きさ等エピネフリンの場合と類似している。今回の実験で哺乳類のグルカゴンを用いたマダイ肝スライスからのグルコース遊離増加はこれら諸報告と同一現象を示すものと考えられる。

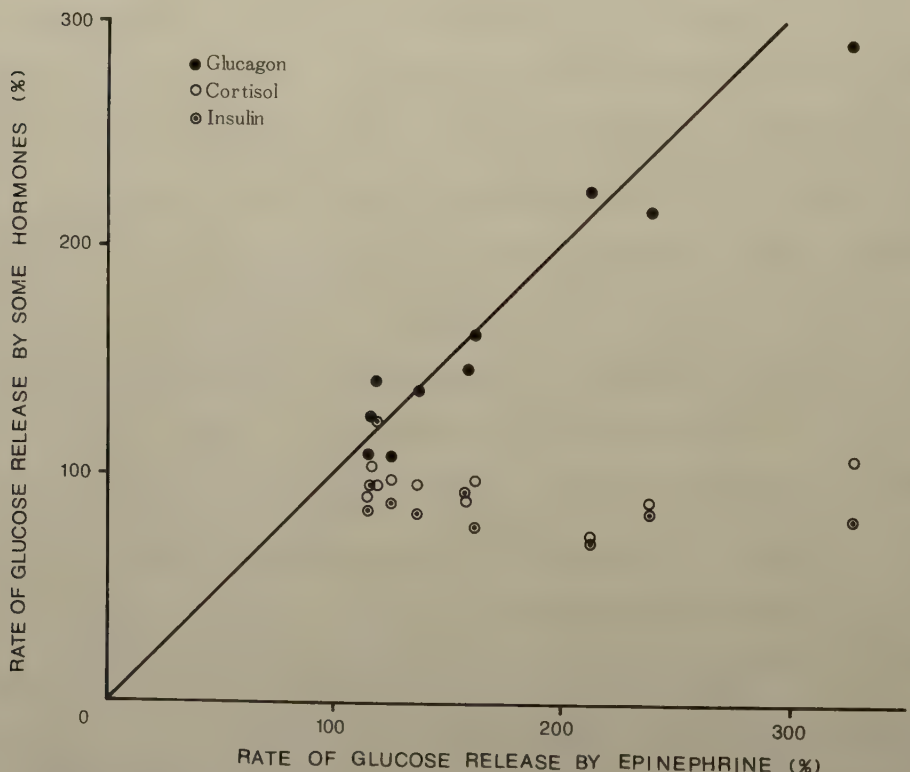



Fig. 1. The relationship between the relative rates of glucose release by epinephrine and those by glucagon, cortisol and insulin from the liver slices.

Fig. 1 にエピネフリンの効果とグルカゴンの効果を比較するために対照区に対するグルコース生成率を%で示し，両者の関係を示した。濃度はエピネフリン10 μg/mℓ，グルカゴン17 μg/mℓで異なるが，グルコース遊離に与える影響は類似しており，この現象は基質としてアミノ酸も乳酸も添加していないこと，およびグルコース遊離量が肝体重比が0.8以下の個体では小さいことから UMMINGER *et al*. (1975) の示すように，グリコーゲン分解によるグルコース遊離の促進であろうと推察される。MORATA *et. al*. (1982 a, b) は，ニジマスにおける *in vivo, in vitro* 実験でアドレナリン，グルカゴン，cyclic-AMP 添加が肝スライスからのグルコース遊離を促進したにもかかわらず，肝組織のグリコーゲン含量に変化が認められなかったことから，このグルコース遊離は組織に内在する基質からの糖新生に由来するとしている。しかし遊離グルコース濃度とグリコーゲン重量を比較する場合には組織と血液の分布の量的検討が必要であろう。この点に厳密に焦点をあてた実験系を確立しないと判断は下せない。

グルカゴンと血液中遊離脂肪酸に関して TASHIMA AND CAHILL (1964), LARSSON AND LEWANDER (1972), CHAN AND WOO (1978 a) はそれぞれ *Opsanus tau*, *Anguilla anguilla*, *Anguilla japonica* でグルカゴン注射は遊離脂肪酸には変化を与えないとしているが，INCE AND THORPE (1975) は *Esox lucius* で投与後6時間して有意な上昇を認めている。今回の *in vitro* 実験からみると，グルカゴンは直接緊急に脂肪酸遊離に作用するとは考えられないが，この物質の作用についてはなお究明すべき問題点が残されている。

魚類における Corticosteroid の研究は IDLER AND TRUSCOTT (1972) の総説にあるように化学的性質に関してはかなり多くの論文がみられる。一般的に血中には条件によって変動はあるがコーチゾールの多いことはよく知られている。しかし，コーチゾールの生物学的作用に関しては糖新生に関するもの以外には報告が少ない。CHESTER-JONES *et al* (1972) は硬骨魚肝における糖新生へのコーチゾールの関与は基本的には哺乳類におけるものと変らないとしたが，脂肪酸や，アミノ酸代謝にかかわる報告は極めて少ない。

Hill and Fromm (1968) はニジマス腹腔内にコーチゾールペレットを移殖して1～2週間後に採血したところ血糖値は上昇していなかったとしている。

BUTLER (1968) はウナギ *Anguilla rostrata* に5 mg/kg体重のコーチゾールの腹腔内注射を10日から3週間続けた時，血中グルコース濃度が増加し，同時に筋肉，肝臓でグリコーゲンが増加したとしている。また，UMMINGER AND GIST (1973) はキンギョにコーチゾル1 μg/g体重を2回注射し，2回目の注射後2時間して有意な血糖上昇を認めており，MURAT (1976) はコイにコーチゾール2.5mg/kg体重を注射し12時間後に血糖値は増加したと報告した。INUI AND YOKOTE (1975 a, b) はウナギ *Anguilla japonica* に2, 10mg/kg体重のコーチゾールを5日～10日注射を続けた時，血糖値，肝グリコーゲン量，肝**GOT**，肝**FDP**，肝**PFK** 活性が増加したとし，さらに肝臓を除去したウナギにコーチゾールを注射（1回，10mg/kg体重，筋肉内）した後，血中グルコースは検出できず，血漿アミノ酸量の増加もみられなかったとしている。CHAN AND WOO (1978 b) は同じ種類のウナギに1 mg/kg体重のコーチゾールを筋肉注射し，酸素消費量増加，血清グルコース量増加，血清アミノ酸量増加，肝臓の蛋白質，グリコーゲン，脂質の増加等をみており，これ

らの変化は２時間後から始まり，変動することを示している。彼等はコーチゾールが末梢組織の蛋白質や脂肪を分解し，肝臓でそれらからの糖新生を促進すると結論づけている。LIDMAN *et al.* (1979) はウナギ *Anguilla anguilla* に５mg/kg体重のコーチゾールを腹腔内注射し１，４，14日後に取り上げ血清中グルコースの増加や肝グリコーゲンの増加を観察している。同時に血清中脂肪酸も測定しているが，変化はなかったとしている。一方，同じ実験で DAVE *et al.* (1979) はコーチゾール注射によって血液の脂肪酸組成が長期飢餓時のものと似てくることから，中性脂肪の分解と脂肪酸代謝がコーチゾールによって促進されるだろうと推論している。また，LEACH AND TAYLOR (1980) はコーチゾールブロック剤を水槽に加えておいて，魚にストレスを与えた時の血中コーチゾール，グルコース量を測定し，血液グルコースの増加の初期（１～３時間）はグリコーゲン分解により，６時間後の増加は糖新生によるものと推論した。さらに LEACH AND TAYLOR (1982) は *Fundulus heteroclitus* にコーチゾール200μg/尾を５日間注射し高血糖を認めており，この実験の際，それぞれの注射後には数時間以内にピークを作る高血糖の時期があることを認めている。

これらのコーチゾールの代謝に与える影響については，すべて *in vivo* 実験によるものであり，血糖値増加の現象はホルモン投与量が違っても同じように認められるが，それ以外の反応については，一致していない。特に CHAN AND WOO (1978) が指摘しているように，コーチゾール投与後の採血時間が影響するとすれば，結果に混乱が生じるのも無理はないと考えられる。

ところで，*in vivo* 実験ではコーチゾールの糖新生に関しては，基質がアミノ酸その他複数個存在していたこと，糖新生現象が現われるまでに６時間以上の time lag がみられること等が特徴的である。今回の実験では組織は神経支配，血流を通じての基質補給や他ホルモンの共存がない等の状態に置かれ，さらに１時間の初期の反応をみているという点で *in vivo* 実験とは大きく異なる。供試魚マダイの肝臓は，明らかに肝膵臓であり，Table 1の対照区の値にみられるように，培養液中に基質がなくとも，対照組織からのグルコース遊離はかなり大きい。これに対してコーチゾールを添加した時にはグルコース遊離が明らかに抑制されている。この抑制機構については全く不明である。また，３時間の振盪培養時に肝臓での脂肪酸遊離量は対照区に比べて多かったが，その値は個体差が大きく，今後さらに検討の必要があると考えられた。

インスリンの硬骨魚に対する血糖低下作用は比較的よく研究されている。LEIBSON AND PLISETSKAYA (1968) は *Scorpaena porcus*, *Spicara smaris*, *Trachurus mediterraneus*, *Gobiidae sp.*, *Cyprinus carpio* 等の淡水魚と海産魚で，30～80 IU/kg体重のインスリン腹腔内注射で，低血糖がみられたとし，TASHIMA AND CAHILL (1968) は *Opsanus tau* への100 IU/kgの牛豚インスリンの静脈注射によって，INUI AND YOKOTE (1975 C) は *Anguilla japonica* に５IU/kg体重の量の豚インスリン注射によって，INCE AND THORPE (1976) は *Esox lucius* に２IU/kgの cod insulin の動脈内注射によって，LEWANDER *et al.* (1976) は *Anguilla anguilla* に牛豚混合インスリンの腹腔内注射によって，OTTOLENGHI *et al* (1982) は *Ictalurus melas* に60IU/kgの牛インスリンの腹腔内注射によってそれぞれ顕著な低血糖を観察している。魚に投与したインスリンが血中遊離脂肪酸に与える影響については，血糖ほど一定の傾向は得られていない。TASHIMA AND CAHILL

(1968) は *Opsanus tau* で100U/kgのインスリン静脈注射で4時間後の血中遊離アミノ酸は変動しなかったと報告したが，Ince and Thorpe (1975) は *Esox lucius* に 2 IU/kg体重のインスリンを投与して著しい遊離脂肪酸の低下を観察した。さらに，Minick and Chavin (1972), Lewander et al. (1976) は，キンギョ，ウナギ *Anguilla anguilla* でインスリン投与後の血中遊離脂肪酸低下を報告している。これらの報告はインスリンが哺乳類のものでも魚類のものでも，また，投与方法が異なっても同様に（血糖）低下作用を起すことを示している。経時的なサンプリングを行なったデータからは1時間後にすでに低血糖効果は認められており，この反応の現われ方は早い。魚類の筋肉におけるグルコースの取り込み増大やグリコーゲン合成増加へインスリンが大きな効果を持つという報告は多いが，肝臓でのインスリンの炭水化物代謝に与える影響についての *in vitro* 研究は少ない。Hayashi and Ooshiro (1975 b) は灌流肝でインスリン添加がグルコース遊離を抑制したと報告し，de Vlaming and Pardo (1975) は *Notemigonus crysoleucus* における *in vitro* 実験で温度条件によってインスリンによる肝グリコーゲン蓄積効果が変わることを報告した。

インスリン注射による血糖値低下は今回のマダイにおける *in vitro* 実験結果や他の *in vitro* 実験の報告にもみられるが，肝からのグルコース遊離抑制と，肝以外の組織（筋肉等）によるグルコース取り込み増大の相乗効果によるものではないかと考えられる。

Fig. 1 にみられるように対照に対するグルコース遊離割合はコーチゾールとインスリン添加時にはエピネフリンのそれとは無関係で100％以下の値で一定している。このことがどのような代謝機構上の意義を持つのか今のところ明らかではないが，コーチゾールとインスリンは，その作用機序においてエピネフリンやグルカゴンとは異質なものであることを示唆していると考えられる。

今回の *in vitro* 実験系に用いた肝臓は肝膵臓であること，グルコースを添加しない条件であること，反応温度25℃はマダイの生息範囲内であるが，やや高い温度であること，15分間の予備反応以後1時間の短時間の反応の結果を測定していること等，実験の反応系はいくつかの特徴を持っている。これらはストレス時のホルモン放出が代謝に与える直接的影響を考えるために設定した条件である。肝臓からのグルコース遊離はエピネフリンによって大きく促進されることが確認されたにもかかわらず，哺乳類で定説となっているホルモンによる脂肪酸遊離の制御は不明のままに残された。ストレス反応の中心的考え方である緊急なエネルギー動員の機構は変温動物である魚では哺乳類ほど質的，量的に進化していないと考えることもできる。これらの諸点に関しては他魚種との比較研究も必要であろう。今後，さらに，*in vivo, in vitro* 実験による魚類のストレス反応機構解明のための研究を積み重ねてゆく必要がある。

## 謝　　　辞

本研究をまとめるにあたり，御校閲と御鞭撻をいただいた東京水産大学教授，尾崎久雄博士，京都大学教授，池田静徳博士に感謝いたします。

## 摘 要

マダイのスライスした肝組織標本，胸鰭骨上剝離筋肉および腹腔内脂肪組織細切片を用いた in vitro 実験で，各種ホルモンが肝臓組織からのグルコース遊離，及び肝，筋，脂肪組織からの脂肪酸遊離に与える影響を調べた。

クレブス重炭酸緩衝液 3 mℓにスライス肝組織標本200～500mgを入れ酸素95％炭酸ガス 5 ％の混合ガスを吹き込み25℃で 1 時間振盪培養し，緩衝液中に遊離されてくるグルコースを酵素法で定量した。ホルモンを添加しない同一魚体の対照区との比較で，エピネフリンとグルカゴンは肝からのグルコース遊離を促進し，コーチゾールとインスリンは肝からのグルコース遊離を抑制した。

クレブス燐酸緩衝液中で各種組織の振盪培養 3 時間を行なった後，組織と緩衝液を Dole 液で振盪抽出を行ない，Trout の方法により，脂肪酸の定量を行なった。エピネフリン，グルカゴン，インスリンは，どの組織についても特定の効果は認められなかった。コーチゾールは肝臓の遊離脂肪酸を増加させる傾向が認められたがその量は大きくなく，今後の検討が必要と考えられた。

## 文 献

BENTLEY, P. J. AND B. K. FOLLETT, 1965: The effects of hormones on the carbohydrate metabolism of the Lamprey, *Lampetra fluviatilis*. J. Endocr., **31**, 127-137.

BIRNBAUM, M. J., J. SCHULTZ AND J. N. FAIN, 1976: Hormone-stimulated glycogenolysis in isolated goldfish hepatocytes. American Journal of physiology, **231** (1), 191-197.

BUTLER, D. G., 1968: Hormonal control of gluconeogenesis in the north American eel (*Anguilla rostrata*). Gen. & Comp. Endocrinol., **10**, 85-91.

CARNEIRO, N. M. AND A. D. AMARAL, 1983: Effects of insulin and glucagon on plasma glucose levels and glycogen content in organs of the fresh water teleost, *Pimelodus maculatus*. Gen. & Comp. Endocrinol., **49**, 115-121.

CHAN, D. K. O. AND N. Y. S. WOO, 1978a: Effect of glucagon on the metabolism of the eel, *Anguilla japonica*. Gen. & Comp. Endocrinol, **35**, 216-225.

CHAN, D. K. O. AND N. Y. S. WOO, 1978b: Effect of corsisol on the metabolism of the eel, *Anguilla japonica*., Gen. & Comp. Endocrinol., **35**, 205-215.

CHESTER-JONES, I., D. BELLAMY, D. K. O. CHAN, B. K. FOLLETT, I. M. HENDERSON, L. G. PHILLIPS, AND R. S. SNART, 1972: Biological actions of steroid hormones in nonmammlian vertebrates in Steroids in Nonmammlian Vertebrates (edited by Idler, D. R.) PP 415-480, Academic Press, New York and London.

DAVE, G., M-L. JOHANSSON-SJÖBECK, A. LARSSON, K. LEWANDER AND U. LIDMAN, 1979: Effects of cortisol on the fatty acid composition of the total blood plasma lipids in the European eel, *Anguilla anguilla L.* Comp. Biochem. Physiol., **64A**, 37-40.

DEMAËL, A. *et* D. GARIN, 1974: Etude in vitro metabolisme hydrocarbone du poisson au cours du choc thermique. Cahiers du Laboratoire de Montereau, N° 1, 27-32.

DEMAËL, A. *et* D. GARIN, 1978: Effets dun choc thermique de 10°C (15-25°C) sur certains parametres metaboliques de la Tanche adaptee a des eaux diversement oxygenees. Cahiers du Laboratoire de Montereau, N°7, 15-26.

DeRoos, R. and C. C. DeRoos, 1978: Elevation of glucose levels by catecholamines in elasmobranch fish. Gen. & Comp. Endocrinol., **34**, 447-452.

De Vlaming, V. L. and R. J. Pardo, 1975: *In vitro* effects of insulin on liver lipid and carbohydrate metabolism in the teleost, *Notemigonus crysoleucas*. Comp. Biochem. Physiol., **51B**, 489-497.

Epple, A., 1969: The Endocrine Pancreas in Fish Physiology (Hoar & Radall Edit.) vol. **2**, 275-319.

Epple, A. and T. L. Lewis, 1977: Metabolic effects of pancreatectomy and hypophysectomy in the yellow american eel, *Anguilla rostrata LeSueur*. Gen. & Comp. Endocrinol., **32**, 294-315.

Farkas, T., 1967: The effect of catecholamines and adrenocorticotrophic hormone on blood and adipose tissue FFA levels in the fish, *Cyprinus carpio L.* Progr. biochem. Pharmacol., **3**, 314-319.

Hayashi, S. and Z. Ooshiro, 1975a: Glycogenolysis and gluconeogenesis by eel liver slices. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., **24**, 119-122.

Hayashi, S. and Z. Ooshiro, 1975b: Gluconeogenesis and glycolysis in isolated perfused liver of the eel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **41**, 201-208.

Hill, C. W. and P. O. Fromm, 1968: Response of the interrenal gland of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to stress. Gen. & Comp. Endocrinol., **11**, 69-77.

Idler, D. R. and B. Truscott, 1972: Corticosteroids in Fish, in Steroids in Nonmammalian Vertebrates (edited by D. R. Idler), 127-252, Academic Press, New York and London.

Ince, B. W. and A. Thorpe, 1975: Hormonal and metabolite effects on plasma free fatty acids in the northern pike, *Esox lucius L.* Gen. & Comp. Endocrinol., **27**, 144-152.

Ince, B. W. and A. Thorpe, 1976: The *in vivo* metabolism of $^{14}$C-glucose and $^{14}$C-glycnine in insulin-treated northern pike (*Esox lucius L.*). Gen. & Comp. Endocrinol., **28**, 481-486.

Ince, B. W. and A. Thorpe, 1977: Plasma insulin and glucose responses to glucagon and catecholamines in the European silver eel (*Anguilla anguilla L.*). Gen. &. Comp. Endocrinol., **33**, 453-459.

Inui, Y. and M. Yokote, 1975a: Gluconeogenesis in the eel-IV Gluconeogenesis in the hydrocortisone administered eel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **41**, 973-981.

Inui, Y. and M. Yokote, 1975b: Gluconeogenesis in the eel-V Effects of alloxan and hydrocortisone on amino acid mobilization in the hepatectomized eel. Bull. Japan. Soc. Sci Fish., **41**, 1101-1104.

Inui, Y. and M. Yokote, 1975c: Gluconeogenesis in the eel-III. Effects of mammalian insulin on the carbohydrate metabolism of the eel. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **41**, 965-972.

Inui, Y. and M. Yokote, 1977: Effects of glucagon on amino acid metabolism in Japanese eels, *Anguilla japonica*. Gen. & Comp. Endocrinol., **33**, 167-173.

石岡清英・石岡宏子，1978：コーチゾールラジオイムノアッセイの標準曲線のあてはめに関する検討．南西海区水産研究所報告，⑾，65—74.

石岡宏子，**1983**: *In vitro* 代謝研究のためのマダイの摘出筋肉標本．日水誌，49(10)，in print.

石岡宏子，1984：麻酔および取り扱いストレス時の血液性状変化．南西水研報告，(16)，53—62.

Larsson, A. and K. Lewander, 1972: Effects of glucagon administration to eels (*Anguilla anguilla L.*). Comp. Biochem. Physiol., **43A**, 831-836.

Larsson, Å. L., 1973: Metabolic effects of epinephrine and norepinephrine in the eel, *Anguilla anguilla L.* Gen. & Comp. Endocrinol., **20**, 155-167.

Leach, G. L. and M. H. Taylor, 1980: The role of cortisol in stress-induced metabolic changes in *Fundulus heteroclitus*. Gen. & Comp. Endocrinol., **42**, 219-227.

Leach, G. J. and M. H. Taylor, 1982: The effects of cortisol treatment on carbohydrate and protein metabolism in *Fundulus heteroclitus*. Gen. & Comp. Endocrinol., **48**, 76-83.

Leibson, L. and E. M. Plisetsukaya, 1968: Effet of insulin on blood sugar level and glycogen content in organs of some cyclostomes and fish. Gen. & Comp. Endocrinol., **11**, 381-392.

LEWANDER, K., G. DAVE, SJÖBECK, M-L. J., A. LARSSON AND U. LIDMAN, 1976: Metabolic effects of insulin in the European eel, *Anguilla anguilla L.* Gen. & Comp. Endocrinol., **29**, 455-467.

LIDMAN, U., G. DAVE, M L. JOHANSSON-SJÖBECK, A. LARSSON AND K. LEWANDER, 1979: Metabolic effect of cortisol in the European eel, *Anguilla anguilla* (L). Comp. Biochem. Physiol., **63A**, 339-344.

MAZEAUD, F., 1964: Vitesse de production de l'hyperglycemie en fonction de la temperature chez la carpe. Intensite de la reponse en fonction de la dose d'hormone. C. R. Soc. Biol., **158**, 36-40.

MAZEAUD, M. M., F. MAZEAUD AND E. M. DONALDSON, 1977: Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review. Trans. Am. Fish. Soc., **106** (3), 201-218.

MINICK, M. C. and W. CHAVIN, 1972: Effects of vertebrate insulins upon serum FFA and phospholipid levels in the goldfish, *Carassius auratus* L. Comp. Biochem. Physiol., **41A**, 791-804.

MINICK, M. C. and W. CHAVIN, 1973: Effects of catecholamines upon serum FFA levels in normal and diabetic goldfish, *Carassius auratus* L. Comp. Biochem. Physiol., **44A**, 1003-1008.

MORATA, P., A. M. VARGAS, M. L. PITA AND F. SANCHEZ-MEDINA, 1982a: Hormonal effects on the liver glucose metabolism in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Comp. Biochem. Physiol., **72B**, 543-545.

MORATA, P., A. M. VARGAS, M. L. PITA AND F. SANCHEZ-MEDINA. 1982b: Involvement of gluconeogenesis in the hyperglycemia induced by glucagon, adrenalin and cyclic-AMP in rainbow trout (*Salmo gaidneri*). Comp. Biochem. Physiol. **73A** (3), 379-381.

MURAT, J. C. et A. SERFATY, 1975: Effets de l'adrenaline, du glucagon et de l'insuline sur le metabolisme glucidique de la Carpe: influence de la temperature. C. R. Soc. Biol., **169**, 228-232.

MURAT, J. C., 1976: Recherches sur la mobilisation des glucides tissulaires chez la carpe. These presentee a l'universite Paul Sabatier Toulouse, 1-164.

MURAT, J. C. et E. M. PLISETSKAYA, 1977: Effets du glucagon sur la glycemie, le glycogene et la glycogene-synthetase hepatique chez la Carpe et la Lamproie. C. R. Soc. Biol., **171**, 1302-1305.

NAKANO, T. AND N. TOMLINSON, 1967: Catecholamine and carbohydrate concentrations in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in relation to physical disturbance. J. Fish. Res. Bd. Canada, **24** (8), 1701-1715.

OTTOLENGHI, C., C. PUVIANI, A. BARUFFALDI AND L. BLIGHENTI, 1982: "*in vivo*" effects of insulin on carbohydrate metabolism of catfish (*Ictalurus melas*). Comp. Biochem. Physiol., **72A**, 35-41.

PERRIER, H., C. PERRIER et J. GRAS, 1971: Etude l'hyperglycemie adrenalinique chez la Truite arc-en-ciel d' elevage (*Salmo gairdnerii* RICHARDSON): action des substances adrenolytiques. C. R. Soc. Biol., **165**, 2141-2144.

TASHIMA, L. AND G. F. CAHILL JR., 1964: Rolo of glucagon and insulin in the carbohydrate metabolism of the toadfish. Excerpta Medica: International congress Series, **74**, 140.

TASHIMA, L. AND G. F. CAHILL Jr., 1968: Effects of insulin in the Toadfish, *Opsanus tau*. Gen. & Comp. Endocrinol., **11**, 262-271.

THORPE, A. AND B. W. INCE, 1974: The effects of pancreatic hormones, catecholamines and glucose loading on blood metabolites in the northern pike (*Esox lucius*). Gen. & Comp. Endocrinol., **23**, 29-44.

TROUT, D. L., E. HARVEY ESTES, Jr., AND J. SAMUEL, 1960: Titration of free fatty acids of plasma: a study of current methods and a new modification. J. Lipid Research. **1**, (3), 199-202.

UMMINGER, B. L. AND D. H. GIST, 1973: Effects of thermal acclimation on physiological responses to handling stress, cortisol and aldosterone injections in the goldfish, *Carassius auratus*. Comp. Biochem. Physiol. **44A**, 967-977.

UMMINGER, B. L. AND D. BENZIGER, 1975: In vitro stimulation of hepatic glycogen phosphorylase activity by epinephrine and glucagon in the brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*. Gen. & Comp. Endocrinol., **25**, 96-104.

UMMINGER, B. L., D. BENZIGER AND S. LEVY, 1972: *In vitro* simulation of hepatic glycogen phosphorylase activity by epinephrine and glucagon in the killifish, *Fundulus heteroclitus*. Comp. Biochem physiol., 51C, 111-115.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# マダイ稚仔魚の形態学的研究—IV.

## 幼期の外部形態と成長

福原　修

# Morphological Studies of Larva of Red Sea Bream-IV.

## Morphological Development and Early Growth

Osamu FUKUHARA

Morphological development and early growth of larval red sea bream, *Pagrus major*, are described from a series of specimens reared under laboratory conditions. Morphological features during larvae to juveniles were illustrated. Transit from larva to juvenile was occurred on larva attaining about 8.0mm in standard length. Pronounced difference was not observed for the transit phase between the wild and reared specimens.

The relationship between standard length and total length for larval and juvenile stages is described by the equation $SL=0.726TL+0.827$ ($r=0.997$, $n=1076$). Growth equation of larvae and juveniles during 40 days after hatching is $Y=2.629\times e^{0.0489x}$, where Y is total length in mm, and X is age in days after hatching.

A drastic changes were occurred on morphological characters, development in the external organs such as scales, fins and bands as well as behaviours in swimming and feeding when the larvae transformed from post-larvae to juvenile stage, about 8.0mm SL length.

The comprehensive changes of the development in the morphological and behavioural characters were interpreted as indicating the change their life pattern.

マダイ，*Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) の幼期における形態を明らかにし，初期生活史の解明や人工種苗の増養殖への利用に際して必要な生物学的基礎知見を得ることを目的として，これまでに鰭，鱗および斑紋の発生と発達について観察してきた（福原1976a，b，1978）。そして外部諸器官と稚仔魚の行動は，相互に関連しながら発達していることを明らかにし，これらの外的変化や行動の発達がもつ生態学的意味についても若干の知見と考察を加えてきた（FUKUHARA 1977，福原・岸田1980）。

本種の形態については，卵・仔魚期を中心に古くから多くの研究がある（岸上1916，神谷1922，梶山・西岡1930，庄島1958，水戸1963，福原1969，古賀1973)。これらのうち卵内発生以外につ

1983年7月12日受理，南西海区水産研究所業績　第137号，〒739-04，広島県佐伯郡大野町

いては，種々の条件上連続採取した標本でないため不明な点も少なくない。特に稚魚期，幼魚期についての知見は乏しい。

本報では幼期の外部形態および室内飼育による幼期の成長と各発育段階，特に稚魚移行期における形態変化と内部および外部諸器官の発達との関連について報告する。

## 材料と方法

形態観察に供した標本は，1981年と1982年に室内で飼育して得たものである。飼育方法と条件については，福原（1974）とほぼ同じである。標本の固定には，標準体長（以下体長という）約10mmまでは5％，それ以上は10％のホルマリン溶液を使用したが，ホルマリン固定による収縮は本記載では考慮していない。観察，記録には描画装置付実体顕微鏡および光学顕微鏡をそれぞれ用いた。また必要に応じて Arizarin Red-S による染色を行った。

成長および計測学的観察に供した標本は，1980〜1983年の5月から7月にかけて17°〜26℃の水温範囲で500ℓおよび1,000ℓ水槽を用いて飼育した。飼育方法および標本の測定は前報（福原1974，1976 a）に準じた。

## 結　　果

### 外部形態の変化

卵期，仔魚期についてはすでに多くの報告があるのでここではその詳述はさけ，若干の知見の追加にとどめる。

卵期；卵は油球1個を有する球形で卵径は，0.66〜1.03mmの範囲（N＝4986，自然産出卵）にある。卵内発生は，水戸（1963），福原（1969），古賀（1973），水写協（1974）に詳しい。ふ化適性水温，塩分は比較的広い（Apostolopoulos 1976）。

ふ化仔魚；ふ化直後の大きさは，全長2.01±0.06mm，体長1.93±0.06mm（生時測定，n＝55）。油球1個を後端に有する卵黄をもち，口は開いていない。水温20℃前後ではふ化後2日目に開口し，3日目に卵黄が吸収される（福原1974）。

後期仔魚期ー幼魚期；形態変化のうち既報で鰭，鱗および斑紋の形成について述べたのでここではその他の形質を中心に発育に伴う外部形態の変化を記載する。Fig. 1 に示したそれぞれの発育期は次のように特徴づけられる。

**A**，仔魚膜外縁は背鰭，臀鰭付近で隆起し，尾柄部でその幅は狭くなる。肛門直前の仔魚膜は残存している。胸鰭は基部が大きく円形状を呈する。背，臀鰭に基底が出現し鰭条原基が数本認められる。尾鰭にはすでに軟条が出現し，分節している。脊索末端部は上屈，突出している。黒色素胞は，頭頂部，腹腔部，体側背，腹両側に散在する。鼻孔は1対形成され，両顎はほぼ眼球前端部に達し小歯が認められる。

**B**，各鰭は形成されつつあり，鰭条は未だ定数に達していない。不対鰭は尾柄前方でお互いに

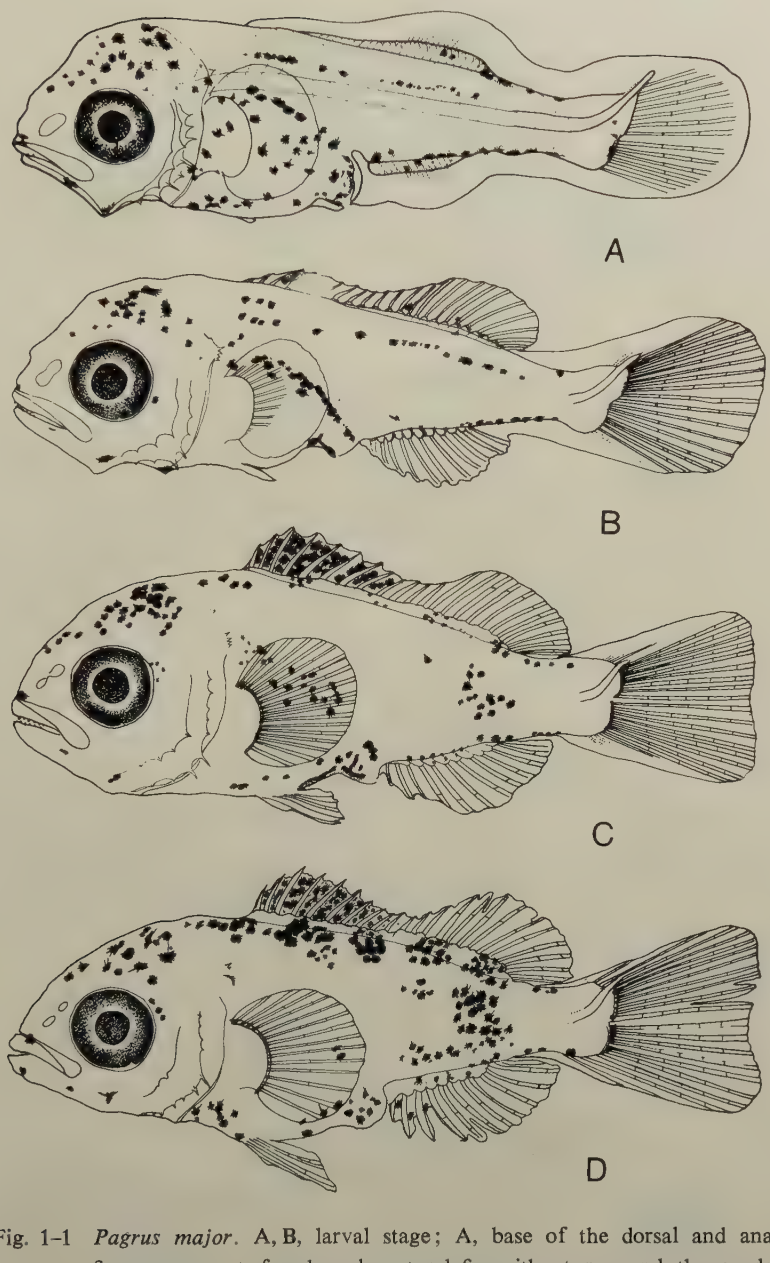


Fig. 1–1 *Pagrus major*. A, B, larval stage; A, base of the dorsal and anal fins are present, fan-shaped pectoral fin without ray and the caudal fin with rays are seen, length 5.6 mm SL, 6.5 mm TL; B, fin rays are found in the unpaired fins and pectoral fin, length 6.5 mm SL, 7.4 mm TL; C, D, juvenile stage; C, all fins formed, melanophores concentrate at spinous portion of the dorsal fin and cephalic area, caudal margin truncated, length, 7.6 mm SL, 9.2 mm TL; D, melanophores increase in dorsal surface and vertical of the dorsal and anal fins end, length 8.3 mm SL, 10.2 mm TL.

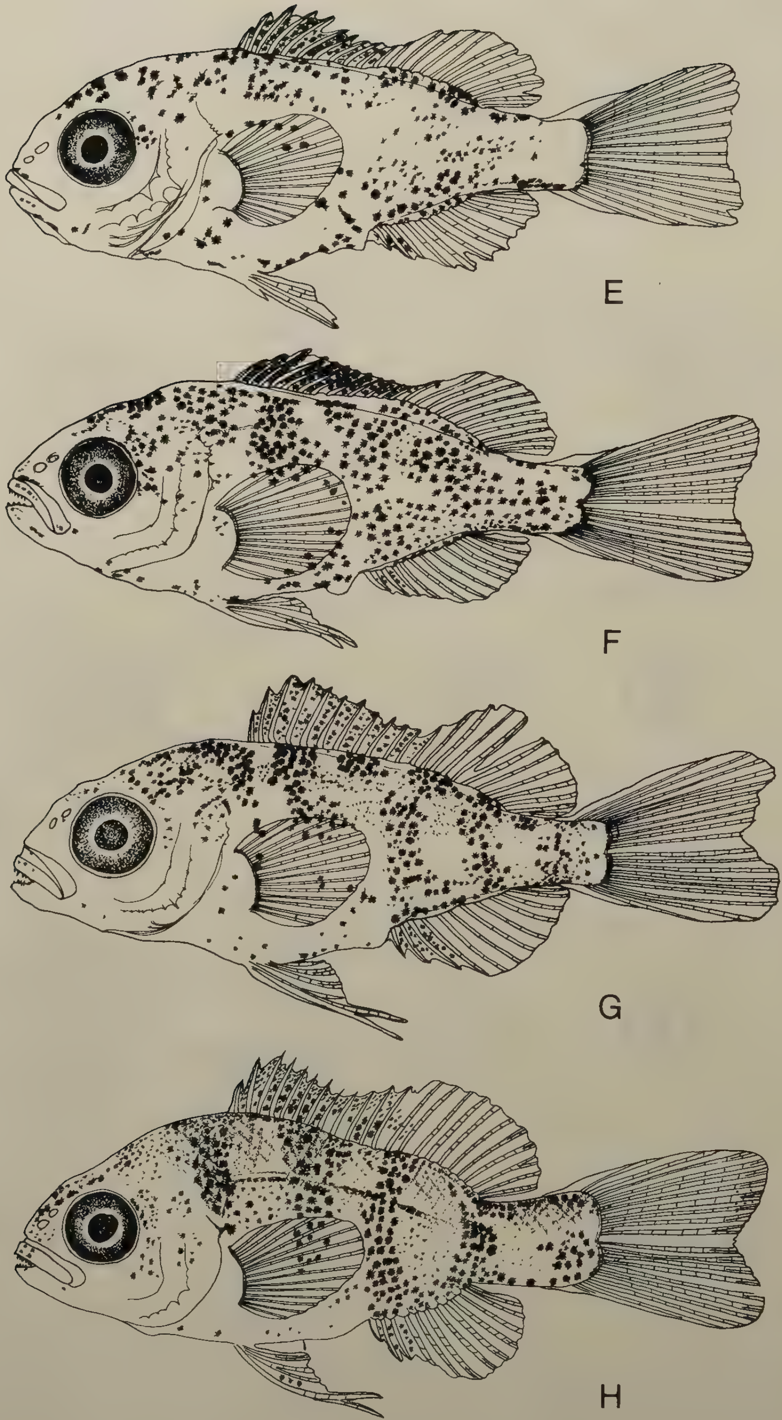



Fig. 1–2 (continued) *Pagrus major*. Melanophores increase in lateral surface of body as they grow (E–H), caudal margin emarginated (E, F) and furcated, outer soft-ray of the pelvic fin elongate (G, H); E, 8.9 mm SL, 11.0 mm TL; F, 10.2 mm SL, 13.3 mm TL; G, 11.8mm SL, 14.8 mm TL; H, 14.1 mm SL, 18.1 mm TL.

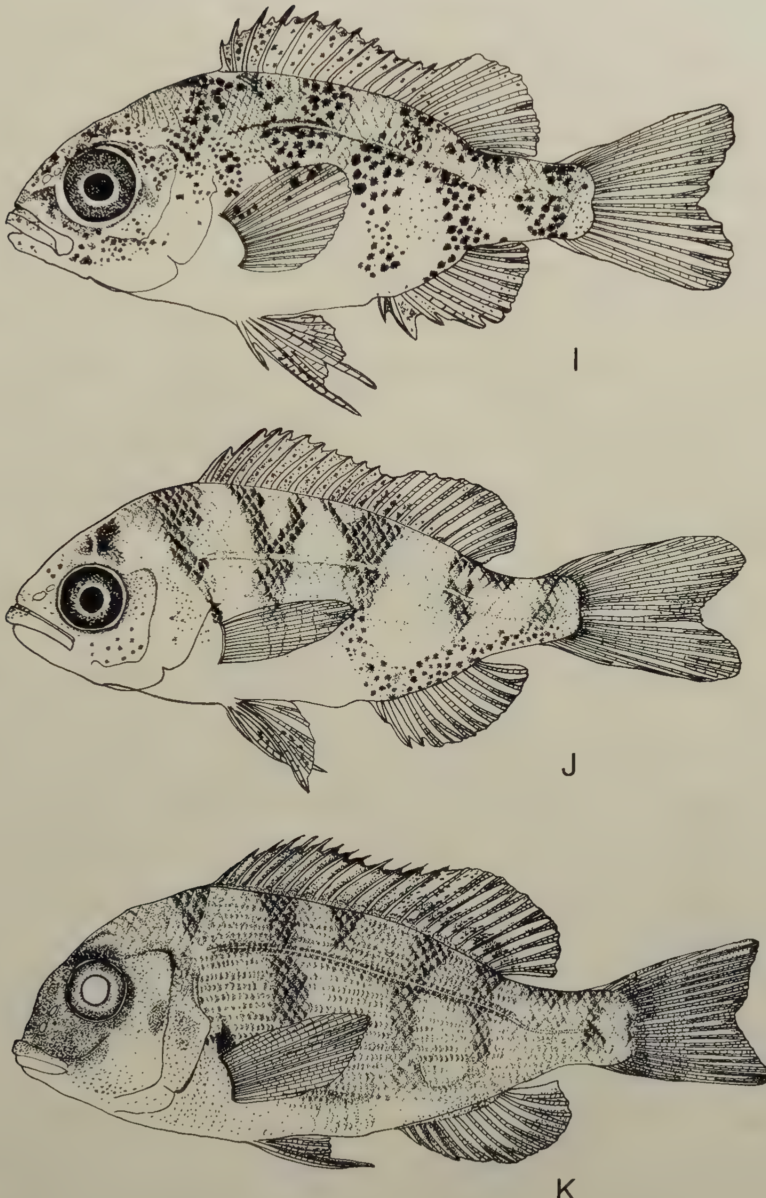



Fig. 1–3 (continued) *Pagrus major*. Five stripes are distinguished and lateral line are clear (I–K). Relative body lengths are adult form. I, 19.1 mm SL, 23.0 mm TL; J, 30.8 mm SL, 37.8 mm TL; K, 46.1 mm SL, 58.3 mm TL.

連続している。肛門直前の仔魚膜は消失し，腹鰭が出現する。黒色々素の発達は前期と大きな変化はないが，背鰭々条膜部の前方（第3，4棘条付近）の色素が目立つ。鼻孔は瓢形を呈する。

**C**，各鰭の鰭条は完成し，稚魚期に入る。尾鰭外縁は截形になる。黒色々素は，頭頂部，腹部，尾柄前方の背鰭，臀鰭後端を結ぶ線上付近に多く分布する。また前期に出現した背鰭棘条部の色素は更にその範囲と密度を増す。

**D**，各鰭の分節は更に進む，胸鰭の縁部は肛門部よりやや短かい。脊索末端は，末だわずかに突出している。黒色素胞は，尾柄前方に出現したものがその数を増し帯状になると共に背側に新たに4群が認められる。臀鰭棘部，尾鰭基部に数胞の色素が出現する。鼻孔は2対になる。

**E**，尾鰭外縁は彎入形を呈する。前期に出現した体側上の黒色々素は，その範囲を中心部へと拡げ，臀鰭基底周辺で多い。

**F**，各鰭軟条はすべて分節している。腹鰭の最外軟条は他よりやや長くなる。黒色々素は数を増し，不明瞭であるが横帯を形成しつつある。軀幹前方で側線が認められる。

**G**，腹鰭の最外軟条の伸長が目立つ。また，その軟条の1部は分枝している。体側の横帯は前期より明瞭となり，その形成位置は庄島（1958），福原（1978）と同様である。

**H**，胸鰭を除く各鰭の軟条は分枝している。黒色々素は，吻部，鰓蓋上および各鰭軟条膜にも増えてくる。側線は更に形成が進むと共に体側，背側の鱗には色素胞の沈着がみられる。

**I**，体形は成魚に似てくる。鰓蓋骨の棘は退化してくる。黒色々素胞は更に発達し，腹部を除く体表全面に及ぶ。特に頭部は急に発達してくる。

**J**，胸鰭の軟条も分枝している。腹鰭の最外軟条の突出は前期ほど著しくない。体表の黒色々素胞は発達し，横帯は前期より不明瞭になる。

**K**，体の形は成魚とほとんど変らず，側線も完成する。体側の黒色々素胞は更に発達し，各鰭々膜部にも多く分布する。横帯は更に不明瞭になるが，胸鰭基部上端の色素胞群は特徴的である。

以上の各発育期を形態的に発育段階として区分した場合，後期仔魚期（**B**）から稚魚期（**C**）への変化が幼期の形態変化の中で最も著しい。この時期に連続した仔魚膜が各鰭に分化し，量的にも質的にも大きく変化し，魚としての基本体形を整えてくる。更に，成魚としての体形が整ってくる**J**あるいは**K**期への変化もまた新しい発育段階としてとらえることができる。

**成長および比成長**

室内飼育して得た全長30㎜までの標本について全長と体長および前肛門長（吻端部から肛門開口部）の関係を **Fig. 2** に示した。本種の全長と体長の関係については森（1980）が全長12㎜までの天然標本について **TL**＝1.225 **SL**－0.939なる関係式を得ている。

**Fig. 3** に1980年から83年にかけて水温17°～26℃で500～1,000ℓ水槽を使用して飼育した稚仔魚のふ化当日から40日目までの成長を指数曲線にあてはめ示した。$Y = 2.629 \times e^{0.0489x}$から猪子（1982）に従がい日成長率（rb）を求めると，$e^{0.0489} - 1 = 0.050$となり約5％ずつ1日に成長することになる。

発育過程における体の比成長の変化は，形態的生態的にも著しく変化する時期としばしば時を同じくする。本種についてはすでに上顎長比に関して代田（1978）が，体高比に関して Kohno *et al.*（1983）がそれぞれ報告している。それによると上顎比曲線は全長7～8㎜の間に明瞭な屈折点があり，稚魚への移行期に相当している。また，体高・脊索長比は脊索長6.50㎜以後は比較的一定した値を示し，遊泳様式が変化する時期と一致するという。本報では，前肛門長（頭部，軀幹部）と尾部の比率の変化を内部器官と遊泳器官の機能的発達の質的変化の指標としてとらえ観察した（Fig. 4）。ふ化仔魚の前肛門長は全長の50％以上，すなわち肛門部は中央よりやや後

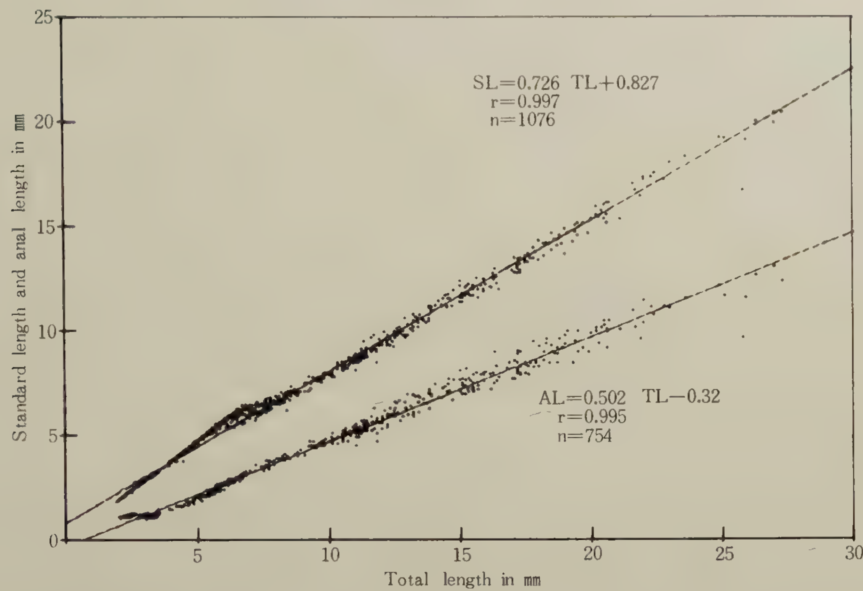



Fig. 2 Standard length and anal length measured from the tip of snout to the anus plotted against total length in larval and juvenile *Pagrus major* reared in the laboratory.

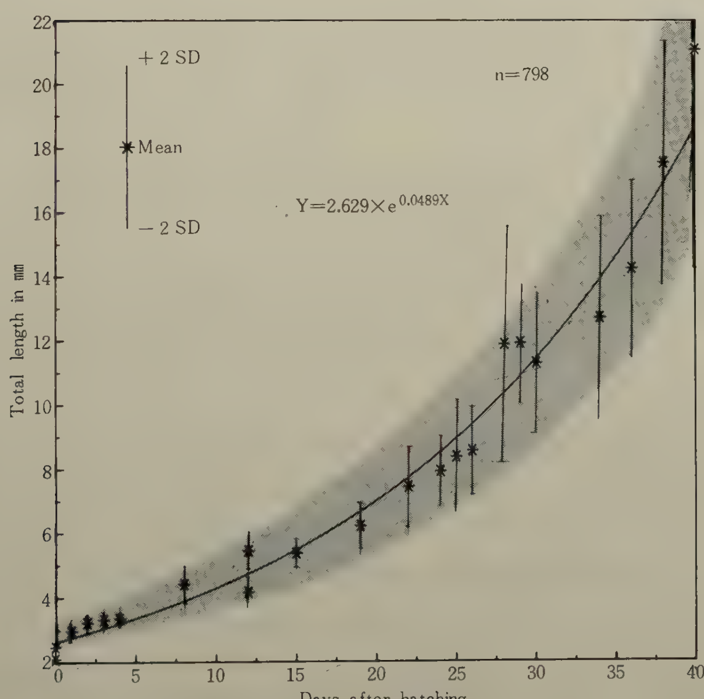



Fig. 3 Growth in length of *Pagrus major* reared in the tanks capaciting 500*l* and 1m³ under laboratory conditions. Ambient water temperature ranged from 17° to 24°C. Shadow area was drawn freehand.

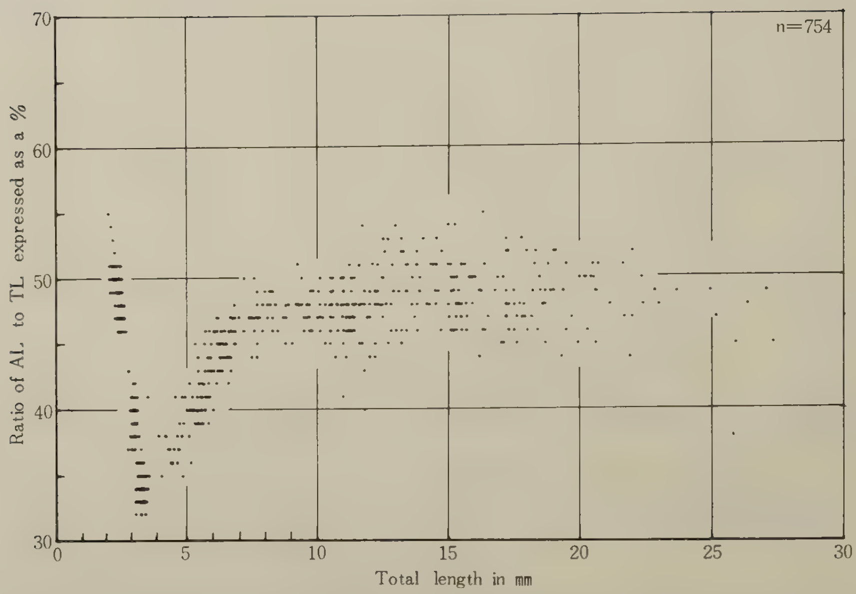



Fig. 4　Percent anal length to total length plotted against total length in larval and juvenile *Pagrus major*. Remarkable decline is seen until yolk absorption, then the ratio increase with larval growth until fish attains about 8.0 mm, commencing morphological transit from larva to juvenile.

方に位置するが，卵黄，油球の吸収に伴い全長約3.5㎜まで急激に低下する。そして外部から栄養を摂取する様になると再び増加し，全長8.0㎜前後までこの傾向が続き，それ以後は50%前後で一定した値を示している。

## 考　　察

ふ化仔魚が稚魚に達する大きさは，発育段階の区分や各発育段階における生物学的特性を知る上で重要である。また，初期生活史の中で卵黄吸収期のつぎに起る生理的変換期として生態的にも重要な意味をもつ。

天然標本について庄島（1958），水戸（1966）はそれぞれ全長9.2㎜（付図72からの推定体長7.63㎜）の稚魚個体を報告している。本報でも全長9.2㎜，体長7.6㎜の稚魚個体を観察しているので，天然魚，飼育魚いずれも稚魚への移行が全長約9㎜，体長約8㎜で起り時期的には大きな差はないと考えられる。また尾鰭の円形から截形への変化が起る時期は，稚魚に移行する時期と外部形質の中で最もよく符合しており指標的特徴といえる。更に，計測形質についても特に双方に大きな差異は認められていない（北島1978）。仔魚から稚魚への移行に伴う外部器官の発達と生活様式との関連についてはすでに若干の考察を行った（福原1976 a，b，1978）。すなわち各鰭条形成で規定される仔魚から稚魚への発育段階の変化は，鰭の分化だけでなく鱗や斑紋の形成を伴っている。そして鰭，鱗および斑紋の機能的役割や飼育中の行動などから判断すると生活様

式もまた新しい段階を迎えていると思われる。

魚の成長過程で，体の部分比が変化する時期が鱗の出現時期，化骨期および生殖腺の成熟期に起り，生活様式にも変化が生じることが示唆されている（白石・内田1957，徳田1979）。前述した様に上顎長の比成長を調べた代田（1978）は全長7～8㎜の後期仔魚から稚魚への移行期に明瞭な屈折点があることを述べ，この時期が生態的にも大きな変化が起るであろうと推測している。

今回観察した前肛門長の全長に対する比についてもその屈折点が明瞭に現われ，摂餌様式の変化，あるいは内部外部諸器官の発達と深く関連していることが推測される。栄養を主として卵黄に依存する期間及び生物餌料を摂食する期間は比成長の変動がきわめて大きい。このことは，この時期が白石・内田（1957）が鮭で観察した様に形態的，生理的に不安定であることを意味している。しかしながら，この時期を過ぎ飼育水槽内で死餌の給餌が可能になる全長8㎜以後になると値は一定してくる。屋外の約10,000㎡の育成池での摂餌生態を観察した大野他（1983）によると稚魚移行後は摂取餌料の大きさや種類に変化が生じてくることから飼育条件下だけの現象ではなく，稚魚期への移行を境にマダイの摂餌様式が新しい段階に達したと理解される。更に内部器官についてみると，骨化は全長6.0㎜頃始まり9.0㎜前後には最後の椎体が形成され種としての定型を示すようになる（松岡1982）。また，消化系の発達を観察した田中（1971，1975）によれば，後期仔魚期まで分化の著しかった消化系は稚魚への移行にともない幽門垂の分化で指標化されるように成魚の基本型をととのえるという。これらのことに前述した鱗，斑紋の形成が稚魚期移行後まもなく完了していることや同じ時期に遊泳機能が充実してくることを考えると前肛門長の全長に対する比がほぼ一定化する全長約8㎜以後は単なる時期的一致ではなく既に論議した様に外部および内部形態が関連しながら総合的に変化し，環境適応性を形成しつつ生活様式の変化を可能にしていると考えられる。

終りにあたり本研究の実施に終始援助いただいた増殖部第2研究室，野上和彦室長に感謝いたします。また資料の統計処理については内海資源部，石岡清英技官および増殖部，梅沢敏技官に懇切なる指導をいただいたことを記して謝意を表する。

## 摘　　　要

室内飼育して得たマダイ標本を用いて後期仔魚から幼魚までの外部形態の変化を明らかにした。後期仔魚から稚魚への移行は体長約8.0㎜までにほぼ完了する。また稚魚移行期の大きさについては天然魚とほぼ同じと考えられた。

ふ化仔魚から全長30㎜までの稚仔魚における全長（TL），標準体長（SL）と前肛門長（AL）の関係は，それぞれ SL＝0.726TL＋0.827(r＝0.997)，AL＝0.502TL－0.32(r＝0.995) で示された。

水温17°～24℃で飼育した稚仔魚のふ化から40日間の成長曲線は $Y=2.629\times e^{0.0489x}$（Y；全長㎜，X；ふ化後日数）で表わされ，日成長率は約5％であった。

全長に対する前肛門長比は全長8.0㎜前後までは大きく変化し，それ以後は約50％で一定した

値を示した。この比成長の屈折点は，稚仔魚の生理的および形態的な発育段階の変化と符合するだけでなく，生活様式の移り変りをよく反映していると考えられる。

## 文　　献


APOSTOLOPOULOS, J. S. 1976: Combined effect of temperature and salinity of the hatching rate, hatching time and total body length of the newly hatched larvae of the Japanese red sea bream *Pagrus major*. La mer, **14**(1), 23-30.

猪子嘉生1982：スズキ種苗生産における成長と生残の比較．昭和55年度栽培漁業技術開発事業，種苗量産技術開発事業報告書，広島県水産試験場，15—24.

神谷尚志1922：瀬戸内海ニ於ケル浮性魚卵並ニ其稚仔，(二)たい科 Sparidae. 水講試報，18（3），32—35.

梶山英二・西岡丑三1930：鯛「ラーバ」飼育完成に就て．水産研究誌，**25**（2），15—19.

岸上鎌吉1916：タヒ類の発生及成長．水産学会報，**3**（3），185—199.

北島力1978：マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究．長崎水試論文集，（5），92pp.

福原　修1969：マダイの卵発生と初期における形態の変化についての観察．水産増殖，**17**（2），71—76.

福原　修1974：初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り，成長および発育に及ぼす影響について．本誌，（7），19-29.

福原　修1976 a：マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅰ，鰭の形成について．本誌，（9），1—11.

福原　修1976 b：マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅱ，初生鱗の発生と生長．本誌，（9），13—18.

FUKUHARA, O. 1977: Biological characters in early stages of some marine fishes on their seed production. UJNR Aquaculture Panel 7th Joint Meeting. 16pp.

福原　修1978：マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅲ，斑紋の形成．本誌，（11），1—8.

福原　修・岸田達1980：マダイ稚仔魚期における二，三の行動．本誌，（12），9—20.

古賀文洋1973：マダイの卵発生について．福岡福岡水試研業報，昭46，217—224.

KOHNO, H., Y. TAKI, Y. OGASAWARA, Y. SHIROJO, M. TAKETOMI and M. INOUE 1983: Development of swimming functions in larval *Pagrus major*. Japan. J. Ichthyol., **30**(1), 47—60.

水戸　敏1963：日本近海に出現する浮游性魚卵—Ⅲ．スズキ亜目．魚雑，**11**（1/2），39—64.

水戸　敏1966：日本海洋プランクトン図鑑，第7巻魚卵稚魚．蒼洋社，東京，74pp.

松岡正信1982：マダイの脊柱と尾骨の発達．魚雑，**29**（3），285—294.

森慶一郎1980：油谷湾における浮遊期，底生生活初期のマダイの生態．西水研研報，（54），59—78.

大野　淳・日高俊次・武智昭彦1983：粗放的育成池におけるマダイ仔稚魚の摂餌．協会研究資料 No.24，日本栽培漁業協会，38—55.

代田昭彦1978：魚類稚仔期の口径に関する研究—Ⅲ，魚類の上顎比曲線と形態的・生態的変化．日水誌，44（11），1179—1182.

白石芳一・内田　至1957：鮭 *Oncorhynchus keta* (W.) 仔魚期の卵黄吸収に伴う諸形質の変化について．魚雑，**5**（3～6），85—92.

庄島洋一1958：マダイ *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL. 日本産魚類の稚魚期の研究，第1集，九大農学部水産学第二教室，72.

日本水産写真資料協会1974：日本の水産，鯛186pp.

田中　克1971：仔魚の消化系の構造と機能に関する研究—Ⅲ，後期仔魚の消化系の発達．魚雑，**18**（4），164—174.

田中　克1975：Ⅰ．稚魚の消化系，1．消化器官．稚魚の摂餌と発育，水産学シリーズ8．日本水産学会編，7—23.

徳田御稔1979：進化学入門．紀伊国屋書店，東京，188pp.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# 橈脚類ノープリウスの形態，生態，分類ならびに分化に関する研究

古 賀 文 洋

# Morphology, Ecology, Classification and Specialization of Copepods Nauplius

Fumihiro Koga

Nauplii of copepods (Crustacea) are the source for copepodite and adult stages, and an appropriate prey for small carnivores including fish larvae.

Newly hatched nauplii were obtained from the egg-carrying females and pelagic eggs spawned by matured females in the laboratory. Females and some nauplii were also collected from the coastal waters of north-west Kyushu.

Cyclopoida nauplii are oval or rice grain-shaped. The dorso-ventrally depressed Harpacticoida nauplii with the reduced appendages creep on the substratum. Calanoida nauplii have various pelagic forms having compound caudal armature and appendages, with many setae adapted to the floatation.

Mandible of Cyclopoida nauplii has the fork-liked prehensile setae on endopodite to capture food. Excluding *Longipedia,* Harpacticoida nauplii have the mandible with a strong scythe-like hook terminally on endopodite to collect food. In Calanoida, the mandible of last nauplius stage has the rudimentary cutting edge on coxa and endopodite with a branch-like trap for collecting food.

In Calanoida, the nauplii of *Eucalanus* (Amphascandria) and *Sinocalanus* (Heterarthrandria) have asymmetrical caudal armature, which is the modification of *Calanus* (Amphascandria) type. In Harpacticoida, a median spine of *Longipedia weberi* nauplius becomes short accompanying with growth, and disappears in later stages. The lst nauplius stage of *Microsetella norvegica* has the process at the end of boody, like a median spine of *Longipedia.* The other nauplii have no process, and have symmetrical caudal armature resemble to that of Cyclopoida.

Maxillule of Harpacticoida nauplii appears in the 2nd or 3rd stages as a ventral seta, and is rudimentary in later stages. In Cyclopoida nauplii it appears in the 2nd or 3rd

1983年7月12日受理，南西海区水産研究所業績第138号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

stages as a seta, and grows 2-lobed appendage as in *Longipedia*. In Calanoida nauplii, maxillule appears in the 4th stage as a rudimentary appendage, with several setae in Amphascandria. It appears in the 2nd or 3rd stages as a seta in Heterarthrandria, and grows 2-lobed appendage during later stages. In Centropagidae (Heterarthrandria), *Centropages* nauplius indicates the Amphascandria type, while *Sinocalanus* nauplius reveals the Heterarthrandria type concerning maxillule growth.

Finally, it is concluded that the developmental type of caudal armature and maxillule could be classified depending on the degree of specialization: from Amphascandria, through Heterarthrandria, to the type of Harpacticoida, Cyclopoida and parasitic species including pseudonauplius of *Clavella*. Namely, the specialization in copepod nauplii indicates the simplification of shape, short cut of stage, and the degeneration.

## 目　　次

## 緒　論

橈脚類は，世界の淡，海水域に広く分布するが，特に海洋の生態系では，一次生産者と高次消費者をつなぐ一次消費者としての重要な位置を占める生物である。また，その幼生は，橈脚類個体群の生態，系統などの研究においても重要な鍵となるノープリウスである。

甲殻類の中で橈脚類は，その幼生が無節卵型の典型的なノープリウスとして孵化し，水中の自由な遊泳生活のための基本型を持った原始的動物である。ノープリウスは6回の脱皮後コペポダイト期になるが，この時，その体形は生涯の中で最も著しい変化をする。このようにノープリウスは，体節，付属肢の構造および体形がコペポダイト期および成体と異なっており，形態のみでノープリウスと成体を関連づけることが困難である。それゆえ，橈脚類の生活史，特に，ノープリウスの研究には飼育による個体の形態変化の追求が必要である。

橈脚類ノープリウスの体構造をみると，付属肢として第1触角，第2触角および大顎がある。この外，メタノープリウスには第1下顎，第2下顎および遊泳脚の原基も出現する。ノープリウス体後部には尾刺毛，棘および鉤からなる尾部保護装置があり，これらは様々な種の特徴を示す。第1触角は感覚器官および運動器官としての性格を持つ。この第1触角の長さおよび刺毛の長さと数には種による変化がある。そのため，逆に，その形状からノープリウスの運動力および生息場所が判断される。第2触角および大顎は2枝型付属肢である。一般的にみて，それらの外枝は運動に関係し，底節，基節および内枝は口器の補助器官であり，その形状から摂餌習性が判断できる。第1下顎の出現時期および発育にはグループ特性がある。例えば，Calanoida グループの第1下顎は，Harpacticoida および Cyclopoida グループより出現時期が遅いが，それより発育した付属肢になる。反対に，Harpacticoida グループは，第1下顎は原基としての1～2本の刺毛に留まる。尾部保護装置は，Calanoida では複雑な非対称形であり，Harpacticoida および Cyclopoida では簡単な対称形である。概して，長い刺毛を多数備えた長い付属肢を持つ種類は浮遊性であり，少数の刺毛を備えた短い付属肢を持つ種類は遊泳力が劣る。このようなノープリウスの形態的特性を生態的特性と比較検討し，体系化することは橈脚類研究に必要であり，成体の研究のみでは根拠の少なかった進化についての考察にも多くの論拠を提供すると考えられる。

橈脚類の寿命は数か月とみられ，それらは増殖期以外の期間を若令期かまたは耐久卵として過す。この若令群は次の増殖適期になると成長し，新しい世代を産出する。また，耐久卵は増殖適期に孵化し，新しい世代のノープリウスとして出現する。このようなノープリウスは非常に小さいが，コペポダイトおよび成体への重要な予備群を構成している。実際，ノープリウスの出現割合が高い個体群は増殖の盛んな状態にあり，その個体群は増大期にある。橈脚類の群は，個体群の種類，発育段階別組成が季節または場所で異なるが，それは海洋生態系における小型肉食動

物の理想的な餌として食物連鎖の中で重要な役割をはたす。それゆえ，橈脚類の分布および組成は海流，水塊の動き，更に漁場の指標として利用できる。

橈脚類は，種苗生産，稚仔魚飼育に際し，ワムシ類に次ぐ時期の重要な餌として採集または培養して使用されている。培養できる橈脚類は少なく，その代表種は *Tigriopus japonicus* Mori である。しかし，本種は浮遊性でなく這い回る習性を持ち，理想的な餌料ではない。このため，餌として有効と考えられる数種について大量培養の可能性が研究されている。

以上のように橈脚類の研究は動物学的にのみならず，海洋学的および水産学的にも重要で，その基礎として生活史を明らかにする必要がある。更に，その一環としてノープリウスの体形，付属肢および尾部保護装置の形態，更に，生態の研究が必要である。また，それらの成長に伴う変化，種類間の差異などを比較検討して類型化し，橈脚類のノープリウスに関する知見を体系化する必要がある。

次に，採集，飼育など研究法を述べる。本研究でとり扱った標本は，主として九州北西部，福岡市周辺の内湾から沖合までの水域で採集した橈脚類のノープリウスである。橈脚類のノープリウスの分類に関する知見は少ない。このため，採集試料のうち種名の明らかな成体を飼育し，ノープリウスを得て種名を明らかにした。また，ノープリウスを飼育し，成長による形態の変化を追跡観察して，同定の助けとした。

採集方法としては，外洋性のやや大型種は口径45cm，長さ160cmの円錐形の採集網（濾過部網，**GG-54**，目合-0.33mm）によって海底から表面までの垂直曳で採集した。沿岸の小型種および一部のノープリウスは，口経30cm，長さ120cmの円錐形の採集網（濾過部網 **NXX**-13，目合-0.1mm）によって採集した。

採集した標本中の携卵個体は，直ちに200～300mℓのビーカーに個別に分離した。浮遊卵を産出する種類は，産卵直前の個体を検鏡して個別にビーカーに分離し，飼育した。未成熟個体は，雌雄の各1対を同一ビーカーに入れて飼育した。また，未選別の採集標本は混合種のまま0.5，1，あるいは5ℓのビーカーに珪藻などの餌と一緒に入れて数日間餌育した。この間に，健全な個体を前記の方法で分離し，小型容器で個別に飼育した。浮遊卵および孵化幼生の出現後，容器から成体のみを取り除き，幼生の生育をみた。また，天然に出現するノープリウスを分離し，成体までの飼育を試みた。飼育中の水温変化防止のため一部の容器は，恒温器中に，一部の容器は，ほぼ恒温の流水中に設置した。餌としては，海産の単細胞藻類（*Chlorella* sp., *Chaetoceros* sp., *Nitzschia* sp.)，酵母，原生動物などを使用した。

本研究では，まず種名の明らかな成体を飼育し，それより生ずるノープリウスを得てノープリウスの同定に資し，また，その成長過程を追求することに力点をおいた。次に，ノープリウスの体形，付属肢，すなわち，第1，第2触角，大顎，および第1下顎，更に，尾部保護装置などについての成長による形態変化を模式化し，また，種間の関係を検討し，類型化を試みた。このようにして，ノープリウスの発育段階を明らかにし，従来知見の乏しかったノープリウス期の同定に資する検索表を作成した。更に，各グループの比較研究に基づいて，橈脚類の原型を推測し，それからの分化についても考察した。

# 第1章　研　　究　　史

本論は橈脚類の生活史に出現するノープリウスを対象にしている。この研究のため，橈脚類のノープリウスに関する研究の歴史をみて，研究の流れを知り，知見を集約することが重要である。更に，このような知見を橈脚類ノープリウスの類型化，橈脚類研究の体系化に役立て，海洋生産上重要な役割を担う橈脚類の動的生態研究の礎石とする必要がある。

海洋における橈脚類およびそのノープリウスは1719年にLEEUENHOCKによって最初に記載されている（DIETRICH，1915）。また，LEEUENHOCK は，*Cyclops* (Copepoda) の胚，卵の孵化，ノープリウスを観察し，また，雌成体が産卵後その卵を捕食することを認めた。更に，彼は死んだ成熟雌の卵嚢から幼生をとり出すことも行った。1770年には，GUNNERUS が *Calanus finmarchicus* を *Monoculus finmarchicus* として記述した（MARSHALL and ORR, 1955）。DIETRICH（1915）によれば，MÜLLER は，1776年に，*Cyclops* を昆虫として考えていたが，同じ年に，*Cyclops longicornis* の名の橈脚類として記述した。更に，彼は，ノープリウスに対し *Nauplius* および Amymone 属を作った。DEGEER は，1783年に橈脚類（*Monoculus*）の胚とノーープリウスを記述した。19世紀に入って1820年には，JURINE は胸節を持つノープリウスを詳細に記述し，1833年には RATHKE は橈脚類の若い形態としてのノープリウス（*Cyclops quadricornis* 二期のノープリウスおよび二期のコペポダイト）を記述した。KOCH は，1835年に *Diaptomus hyalina* である *Glaucea hyalina* を記述した。HOEKS は，1877年に橈脚類の卵発生および *Cyclops* ノープリウス，更に，*Canthocamptus staphylinus* の二つのノープリウスを記述した。SφMME(1934)によると，KRφYER は1845年に *Calanus hyperboreus* ノープリウス6期および第2，第3のコペポダイト期を記述した。GURNNEY（1934）によると，CLAUS は1866年に *Calanella* の幼生として長いノープリウスの概形を図示した。1881年には，GROBBEN が橈脚類（*Cetochilus septentrionalis* GOODSIR＝*Calanus finmarchicus* GUNNERUS）の発育，第1，第2，第4，第5ノープリウス期および第1コペポダイト期について初めてある程度の確かさで記述をした。けれども彼，は，ノープリウスの分類学的な性格および明確な脱皮回数の記載をしなかった。1882年になると，REHBERG は *Cyclopoida* の発育をあつかい，初期のコペポダイト期に興味を示した。1892年には，CANU は海洋橈脚類の発育を記述し，また，MAUPUS は海洋 Harpacticoida の *Belisaris viguieri* の発育を記述し，更に，その橈脚類の幼期を含む12期の発育段階を認めた。1894年には，MRÀZEK は *Epaclophanus richardi* MRÀZEK の後期ノープリウスを描写した。1895年には GIESBRECHT はコペポダイト期への脱皮の観察によって *Rhincalanus nasutus* GIESBRECHT ノープリウスを同定した。更に，1907年に KLINTZ は，*Cyclops* の正常な後期の成長には6回の脱皮があることを記述した。CLAUS（1893）は *Cyclops* および *Pontellina* の発育を記述している。20世紀になると，OBERG（1906）はキール湾産橈脚類のノープリウス6期およびコペポダイト6期の発育について優れた研究を行った。

このように18世紀には，橈脚類のノープリウスの存在が確認され，報告されているが，系統だ

った研究報告はない。橈脚類の分類が体系づけられた19世紀後半になって，ノープリウスの科学的研究が緒についた。現在のノープリウス研究の端緒をなしたのは，20世紀初頭の OBERG である。それ以後，DIETRICH, LEBOUR, NICHOLLS, JOHNSON, 花岡など多くの研究者によって橈脚類の生活史の研究が進められた。

次に，20世紀前半の橈脚類生活史の研究をみる。DIETRICH（1915）は，*Diaptomus vulgaris* SCHMEIL, *Cyclops strenuus* FISHER と *Canthocamptus staphylinus* の胸節，遊泳脚および尾叉，更に，完全なノープリウス（2期のオルトノープリウスおよび3期のメタノープリウス）および第1コペポダイト期を記述した。MURPHY（1923）は，卵から成体まで，ノープリウス6期，コペポダイト5期，および成体，を通して飼育した。GURNEY（1930）は，*Longipedia* の3型，緑色（I型），桃色（II型），黄色（III型）の幼生を記載した。NICHOLLS（1936）によれば，この緑色（I型）は，*Longipedia coronata* CLAUS に類似し，体構造から *Longipedia minor* T. and A. SCOTT と同定される。更に，桃色（II型）は疑いもなく *Longipedia scotti* G. O. SARS に属す種とした。ELSTER（1932）は，*Heterocope weismanni* IMHOF の発育および胸脚の形態を記述した。GIBBONS and OGILVIE（1932）は *Oithona helgolandicus* CLAUS および *Oithona spinirostris* CLAUS の発育段階について記述した。NICHOLLS（1934）は *Euchaeta norvegica* BOECK の発育段階を記述した。PINE（1934）は *Cyclops viridis* JURINE の卵から成体までの変態を記述した。CAMPBELL（1934）は *Calanus tonsus* BRADY および *Euchaeta japonica* MARUKAWA の生活史（付属肢及び遊泳脚）を記述した。JOHNSON（1934 a）は，*Tortanus discaudatus*（THOMPSON and SCOTT）の浮遊卵を同定し，本種の生活史を記述し，更に，*T. discaudatus* の成長段階の検索表も作った。JOHNSON（1934 b）は，*Epilabidocera amphitrites* MCMURRICH の発育段階を記述し，その検索表を作った。また，JOHNSON（1935）は，*Labidocera trispinosa* および *Labidocera jollae* の発育段階を記述し，それらの検索表を作った。GURNEY（1934）は，*Rhincalanus cornutus* ノープリウスの5期およびコペポダイトの5期，更に，*Rhincalanus nasutus* ノープリウスの4期を記述した。また，STEUER（1935）は*Rhincalanus gigas* ノープリウスの4期およびコペポダイトの3期を記述した。NICHOLLS（1935）は，*Longipedia coronata* CLAUS, *Longipedia scotti* G. O. SARS, および *Longipedia minor* T. and A. SCOTT の幼期を記載し，GURNEY の*Longipedia* 3型と比較した。FRASER（1936）はイギリスのマン島のプールにおける *Tigriopus furvus*（FISHER）の出現，生態，更に，生活史を報告した。この FRASER（1936）のノープリウス期の記載には，第4期が欠けており，そのノープリウス期は6期である（花岡，1944）。JOHNSON（1937）は，*Eucalanus elongatus* DANA var. *bungii* GIESBRECHT の発育段階について研究し，そのノープリウス期の検索表を作った。花岡（1940）は，三崎沿岸エビ島の岩礁プールにおける *Tigriopus japonicus* MORI ノープリウスについて研究し，更に，橈脚類の一般的生殖法についても記述した（花岡，1942）。NICHOLLS（1941）はドンガラ（西オーストラリア，ジエルドトン南部）における *Metis jousseaumei*（RICHARD）の発育について報告した。JOHNSON（1948）は，*Pseudodiaptomus euryhalinus* JOHNSON の発育を報告し，更に，JOHNSON and OLSON（1968）は *Tisbe furcata*（BAIRD）の生活史およびその生物学的研究をした。千葉

(1956) は橈脚類分類研究の中で，橈脚類の発育も記述している。花岡 (1952) は *Oncaea mediterranea* および *Corycaeus* sp. の数個のノープリウスを記述した。また，花岡 (1952) は，遊泳型橈脚類ノープリウスの２型について記述し，更に，ノープリウス付属肢の発育を比較し，橈脚類ノープリウスの検索表を作った。

20世紀前半における橈脚類生活史の研究は多数の研究者によって行われた。この中では JOHNSON による橈脚類生活史の研究は多岐に亘り，優れた内容である。

このような多数のノープリウスを対象にした研究と異なり，特定種，特に *Calanus finmarchicus* について深く掘り下げた研究をしたのは MARSHALL and ORR (1952, 1954, 1955) である。*Calanus finmarchicus* の発育については，LEBOUR がすでに1916年に研究しており，SφMME (1934) は *Calanus finmarchicus* および *Calanus hyperboreus* の発育模式図を作った。MARSHALL and ORR (1955) による海産橈脚類の生物学的研究における *Calanus finmarchicus* 研究のように CONOVER (1956) は *Acartia clausi* および *A. tonsa* の成長，分布，生理などを研究した。これらの研究から橈脚類の飼育による生理，生態研究が橈類研究の一つの重要な課題となった。

橈脚類を中心としたプランクトン群集には複雑な相互作用がみられる。例えば，橈脚類による小型単細胞藻類，繊毛虫類などの捕食，さらに橈脚類内における *Eucalanus*, *Euchaeta* などの大型種による幼生，若令期個体の捕食である。このような橈脚類にみられる食性は ODUM (1952), RILEY (1946), RILEY and BUMPUS (1946), RILEY (1947) などによって記述されているプランクトン群集中の複雑な相互関係，食物連鎖関係の一部分である。

20世紀前半に研究され，明らかになったノープリウスの種類は橈脚類の一部に過ぎない。しかし，20世紀後半には橈脚類の生活史，特にノープリウスについて多数の研究報告がある。次に，それらを年次別に列挙する。

LINDQUIST (1959) は *Limnocalanus grimaldii* ノープリウスを報告した。UMMERKUTTY (1960, 1964) は *Tisbintra joresi*, *Pseudodiaptomus aurivilli* および *Labidocera bengalensis* の生活史を記載した。GAUDY (1961) は *Temora stylifera* の幼期を，TOKIOKA and BIERI (1966) は *Microsetella gracilis* の幼期を記載した。古賀 (1960 a，1968 b，1970 a，b) は *Pareuchaeta russelli*, *Centropages abdominalis*, *Centropages yamadai*, *Undinula vulgaris*, *Tigriopus japonicus* などのノープリウスの形態，更に，古賀 (1973) は成体の飼育によって得たノープリウスの形態を記載し，橈脚類増殖機構におけるノープリウスの重要性を強調した。BERNALD (1963) は *Euterpina acutifrons*, HAQ (1965) は *Euterpina acutifrons* および *Oithona nana* の発育を記載した。CRISAFI (1965) は *Pontella mediterranea*, GONZALEZ (1968) は *Diaptomus proximus*, GRICE (1968) は *Pseudodiaptomus coronatus*, LAWSON and GRICE (1970, 1973) は *Centropages typicus* および *Paracalanus crassirostris*, 更に，GIBSON and GRICE (1976) は *Pontella meadi* を記述した。HIRAKAWA (1974) は *Microsetella norvegica*, UYE and ONBE (1975) は *Pseudodiaptomus marinus* の発育を記載した。BJÖRNBERG (1965, 1966, 1967, 1972) は *Undinula vulgaris*, *Eucalanus pileatus*, *Eucalanus attenuatus*, *Macrosetella gracilis*, 更に，カリブ海の多数のノープリウスを報告した。*Tisbe* 類については，THIA-ENG (1975) は *Tisbe longisetosa*, LOPEZ

(1980) は *Tisbe cucumariae* の生活史を報告した。*Oithona* 類については，GOSWAMI (1975) が *Oithona brevicornis* および *Oithona hebes*, UCHIMA (1979) は *Oithona brevicornis* の生活史を報告した。

橈脚類の大量飼育については米国では ZILLIOUX ら (1969, 1970)の *Acartia* 研究がある。日本では1970年代から仔稚魚の適正餌料確保のため橈脚類利用研究が始まった（古賀ら，1972, 1973 a，19736b)。その代表種は *Tigriopus japonicus* である。本種は，森 (1938) によって報告されており，その直後には時岡ら (1939) によってタイドプールにおける生態，塩分濃度と生活力の関係が研究された。本種の温度，塩分抵抗性については，松谷 (1958, 1960 a，1960 b，1961 a，1961 b)，更に，各種化学薬品に対する抵抗性は，花岡 (1940)が報告した。武田 (1939, 1941 a，1941 b，1948, 1954) は，環境変化，各種薬品による本種の性決定について報告した。*Tigriopus japonicus* の産卵生態およびノープリウスについては花岡 (1940)，生活史については古賀 (1970) および伊藤 (1970) が報告し，高野 (1968, 1971) は，本種飼育の総括的報告をした。本種の増殖生態および飼育法については花岡 (1973)，北島 (1973)，古賀 (1973, 1975, 1976, 1977 a，1977 b，1978, 1979 a，1979 b，1979 c，1981) などの研究があり，仔稚魚餌料化を試みた。また，古賀 (1976, 1980) は枝角類の魚類餌料化も試みた。

橈脚類の生活史の研究は，その飼育技術を発達させ，近年ではその卵の知見がえられ始めた。橈脚類卵の研究は20世紀前半では少なく，後半の JOHNSON (1934, 1967) による *Tortanus* 卵，MARSHALL and ORR (1952, 1954) による *Calanus* 卵の研究が著名である。BREWER (1964) も *Diaptomus stagnalis* 卵および孵化を報告した。古賀 (1968) は，橈脚類の多様な浮性卵を報告し，橈脚類の卵研究復活の端緒となった。SAZHINA (1968) は *Pontella mediterranea* および *Centropages ponticus* の卵を報告した。1970年代には橈脚類卵研究が増大している。LAWSON and GRICE (1970) は *Centropages typicus* 卵を研究した。KASAHARA UYE and ONBÉ (1974, 1975 a，1975 b)，および弘田・宇野 (1977) らは橈脚類の天然卵を報告した。CORKETT and ZILLIOUX (1975) は *Acartia tonsa, Temora longicornis, Pseudocalanus elongatus* の産卵，岩崎・加藤・藤永 (1975) は *Acartia clausi* の成熟および産卵条件を研究した。橈脚類の精子形成および雄の生殖器について HEBERER (1924, 1932) は Calanidae, Eucalanidae, Euchaetidae, Temoridae, Centropagidae, Diaptomidae, Pontellidae, Metidae および Acartidae によって研究し，種間関係を模式化して報告した。

以上のように橈脚類の生活史の研究は多数にのぼるがまだ不完全である。それ故，生活史，特にノープリウスの研究の蓄積が必要である。

次に，対馬暖流の影響を受ける九州北西部水域に出現する橈脚類についてみると，森 (1929)，MORI (1937)，山田 (1933, 1935)，千葉・鶴田 (1951)，田中 (1957)，田中・古賀 (1958)，TANAKA・IRIE・IIZUKA and KOGA (1961)，TANAKA・KOGA ら (1962) の研究がある。更に，沿岸域の種類について古賀 (1973)，古賀・渡辺・大隈 (1974)，古賀・大内 (1975)，古賀 (1980) などの分類および生態研究がある。また，日本周辺における橈脚類分類の主な研究として，浮遊性橈脚類の研究 (MORI, 1973)，相模湾の Eucalanidae (田中，1935)，更に，伊豆水域の橈脚

類に関する一連の研究 (TANAKA, 1956 a, 1956 b, 1958, 1963, TANAKA and OMORI, 1968) がある。これらの種類は，田中 (1957) による浮遊性橈脚類の綜説の中で日本近海浮遊橈脚類分類表として列挙されている。このような研究は本論の橈脚類成体の分類に参照した。

## 第2章　形　態　特　性

橈脚類が属している甲殻類は水底，水中，潮干帯，岩礁，浮遊物，陸地，更に，寄生宿主の生物体などの多様な環境に適応した生活をし，その発育法および形態は変化に富む。ほとんどの甲殻類は水中で産卵する。孵化した幼生の体形および習性は成体と甚だしく異なる。この幼生は脱皮とともに急激な形態変化をもたらす変態をしながら成長する。幼生の孵化時期は種によって異なり，発育過程の種々の段階で孵化する。そのためノープリウス段階が自由遊泳体または卵中の胚体にあたる種がみられる。この孵化期の差は生殖生態分化に伴う卵形，卵黄量変化の影響が考えられる。例えば，卵径0.5～0.7㎜の比較的に大きな卵を持つザリガニ類の孵化時期は遅く，孵化幼生の形態は成体に類似する。逆に，クルマエビ類卵の直径は小さく0.26～0.30㎜であり，幼生はイセエビ類またはザリガニ類より早期に孵化する。この孵化幼生は成体と著しく異なった形態を持つノープリウスである。

橈脚類のノープリウスは，最小の基本型を示す水生の甲殻類で，孵化直後は，オルトノープリウスである。その体形は，無節の卵円型であり，3対の付属肢，すなわち，第1触角，2枝の第2触角および大顎を持つ。吻は，体前端にあり，種による大小の差がみられる。吻後方のノープリウス眼は，赤褐色であるが，種によって不明確である。腹側にある上唇は付属肢に囲まれ，その後端に細い多数の棘がある。第1触角は3節であり，端節には多数の刺毛がある。第2触角は2枝であり，底節，基節，内枝および1～2本の刺毛を持つ数節の外枝からなる。大顎もまた，2枝であり，第2触角同様，底節，基節，内枝，外枝からなるが，口器の補助器官としての役割が大きい。このため，特異な摂餌をする Harpacticoida では内枝が著しく変形している。第1下顎は第2～4期に出現する。この時，幼生はオルトノープリウスからメタノープリウスに変化する。第1下顎は，初期には1個の刺毛などの原基として出現するが，ノープリウス後期には2葉になる。第2下顎は，第5期に原基として出現し，第6期にはより発育する。顎脚は，第2下顎と同様に，第5期に原基として出現し，第6期にはより発育する。遊泳脚としては第1，第2脚の原基が第6期に出現する。尾部保護装置 (Caudal armature) は体後部にある (Fig. 1)。

尾部保護装置を構成する刺毛 (seta) は，尾端部にあり，僅かに柔軟性がある。その側縁には整然とした多数の微細な棘がある。尾触毛 (feeler) は，柔軟であり，側縁の微細な棘がない。側面に微細な棘を持つ尾棘 (end spine) は，強く，柔軟性がない。この尾棘と刺毛との区別ができない尾部保護装置がある。微細な針状棘は腹部などにあり，列状棘もみられる。鉤 (hook) は，太く短い棘状突起である。種によってその側縁に鋸歯状構造がみられる。

尾部保護装置は，孵化直後には1対の感覚毛（1対の棘または刺毛）のみであるが，ノープリ

ウスの成長に従って，尾棘，腹棘，更に，側棘が出現する。これらの棘の存在，左右の不等性などに種の特徴がある。例えば，発達した多数の棘を持つのは Calanoida の *Calanus*, *Eucalanus* および *Pontella* 型のノープリウスである。反対に，このような棘は Calanoida の *Eurytemora*, Harpacticoida, Cyclopoida および寄生種には存在しない。変型した棘状刺毛を持つ種としてCalanoidaの *Centropages* がある。このような尾部の棘は，同一種でも成長に従った変化を示す。

ノープリウスは，一般に6期があり，脱皮後コペポダイト期に変化する。コペポダイト期は成体とほぼ同様の形態的特徴を示すが，ノープリウスは親とは著しく異なった形態を示す。そのため，成体の形態からそのノープリウスを，またノープリウスの形態からその成体を推定することは困難である。橈脚類ノープリウスには，種の生態的特性の影響が現われ，様々な形態を示す (Fig. 2)。

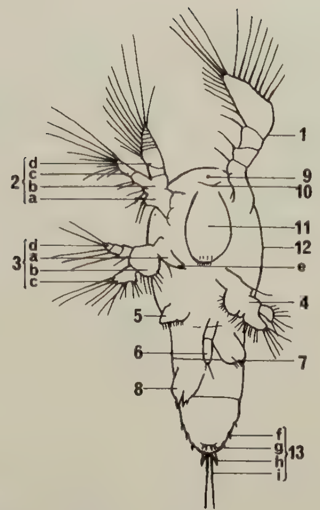



Fig. 1 Schematic diagram of the organization of copepod nauplius.

1 : Antennule ; 2 : Antenna ; 3 : Mandible ; 4 : Maxillule ; 5 : Maxilla ; 6 : Maxillipede ; 7-8 : 1st-2nd feet ; 9 : Nauplius eye ; 10 : Rostrum ; 11 : Labrum ; 12 : Carapace ; 13 : Caudal armature ;
a : Coxa ; b : Basipodite ; c : Endopodite ; d : Exopodite ; e : Gnathobase (Masticatory process) ; f : Lateral hooks ; g : Ventral hooks ; h : End hooks ; i : End setae (End spines, feelers).

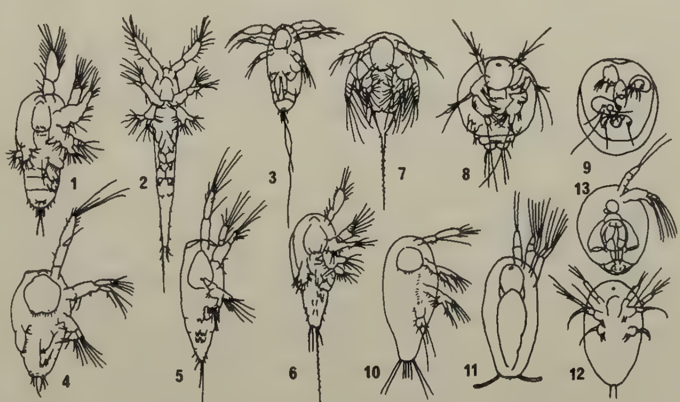



Fig. 2. Variation in shape of copepod nauplii.

1 : *Calanus* ; 2 : *Rhincalanus* ; 3 : *Pareuchaeta* ; 4 : *Tortanus* ; 5 : *Labidocera* ; 6 : *Temora* ; 7 : *Longipedia* ; 8 : *Tigriopus* ; 9 : *Metis* ; 10 : *Oithona* ; 11 : *Caligus* ; 12 : *Haemocera* ; 13 : *Clavella*.

## 2・1　体形

ノープリウスの体形，付属肢および尾部保護装置は，習性，特に，摂餌の習性に適応した変化を示す。橈脚類の Calanoida, Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスは，6期であり，その全期に3対の機能的な付属肢がある。ノープリウスの体形および付属肢の形態は種類および

発育段階によって異なる。ノープリウスは第6回の脱皮後，第1コペポダイト期に変態する。この時，橈脚類は急激な形態の変化を示す。コペポダイト期の体形および付属肢は成体の形態に類似し，この期間の変態に伴う形態変化は僅かである。第2次性徴は最初に第4期の第1触角，第5脚および腹節に現われる。

橈脚類の生活史は種類によって異なる。甚だしく変化しているのは寄生性の橈脚類である。真性の寄生種は，宿主に適応した変化をし，特異な体形を示す。しかし，いずれにしても大多数の寄生性橈脚類の孵化幼生は典型的なノープリウスである。魚類表皮の寄生種である橈脚類に近縁の鰓脚類のチョウ（*Argulus japonicus* THIELE）の胚は，卵中でノープリウス段階を過し，コペポダイト期まで発育し，孵化する。孵化後，チョウは4回脱皮をし成体に成長する。このように橈脚類は浮遊性から寄生性種まで多様な生態および生活史を示す。

*Calanus* 型ノープリウスは，最も浮遊生活に適応した体形であり，濾過摂餌の習性を示す。また，Calanoida の中で *Calanus* 以外のノープリウスは，*Calanus* 型から変化した体形を示し，摂餌生態も変化している。Cyclopoida ノープリウスの体形は，典型的な卵型であり，餌を捕食する機能的な付属肢を持つ。Harpacticoida ノープリウスの体形は，偏平な卵型であり，沈積した食物を摂餌するに適した機能的な付属肢を持つ。

Calanoida では多数のノープリウスが，非対称の尾部保護装置を持ち，変化に富む体形を示す。これらのノープリウスは甲殻が明確なものおよび未発育のものがある。また，*Calanus* 型ノープリウスは腹側に屈曲した背腹に可動の後体部がある。この形態を示す Calanidae, Paracalanidae, Pseudocalanidae などのノープリウスは体長の差によって3型，すなわち，大，中，小の *Calanus* 型に分けられる。例えば *Calanus hyperboreus* は 大型，*Paracalanus* は小型であり，*Calanus sinicus* などは中型である。*Calanus* 型が変化した体形を示す *Eucalanus pileatus* などのノープリウスは短い紡錘型である。このノープリウスには，体前端に下向きのくちばし状の突起があり，*Calanus* 型のように屈曲する腹部がない。体後端の突出部は2分され，各々2個の刺毛がみられる。*Rhincalanus* ノープリウスは伸長した紡錘型であり，体前縁は鈍角である。体後部は次第に細くなり，そこに尾部保護装置がある。この尾部刺毛は左右非対称で，右側の刺毛が強く，長い。*Euchaeta* ノープリウスの体形は，卵型に近い西洋梨型であり，長い尾部感覚毛を持つ。しかし，*Euchaeta* 型形態を示す *Centropages furcatus* ノープリウスにはこの長い感覚毛はない。*Sinocalanus* および *Temora* のノープリウスの体形はオタマジャクシ型である。この類の甲殻は明白で，その形態は卵または長卵型である *Centropages* ノープリウスは，やや伸びた卵型であり，体後部が次第に細長くなっている。尾端で体正中線に沿って後方に伸びた感覚刺毛および背方に伸びた感覚刺毛は他の尾刺毛より長い。*Eurytemora* ノープリウスの尾端にある刺毛中，内側の2本は他の刺毛より短い。*Pseudodiaptomus* ノープリウスの体形は水滴型であり，その後端に裂け目がある。Pontellidae のノープリウスは，*Rhincalanus* のように鈍角の体前部および細長い体後部を持つ紡錘型である。しかし，その尾部保護装置は，*Rhincalanus* と異なり，左の尾刺毛が強く長い。*Tortanus* のノープリウスは前端が平旦で，後端が丸味を帯び，第2触角が位置する両体側が最も膨らんだ5角の卵型である。*Acartia* ノープリウスは，前縁が平旦で，後縁が丸い

卵型であり，腹部に多数の棘がある。この体形は，*Tortanus* の体形に似るが，体側の膨らみがない。

Harpacticoida のノープリウスは背腹に偏平な体形であり，偏平卵型か円盤型である。第1触角は小さい。*Longipedia* ノープリウスの体形は強大な1本の尾棘を持つ卵型である。しかし，*Longipedia weberi* ノープリウスは西洋梨型である。このノープリウスの強大な1本の尾棘は成長に従って退化し，消失する。

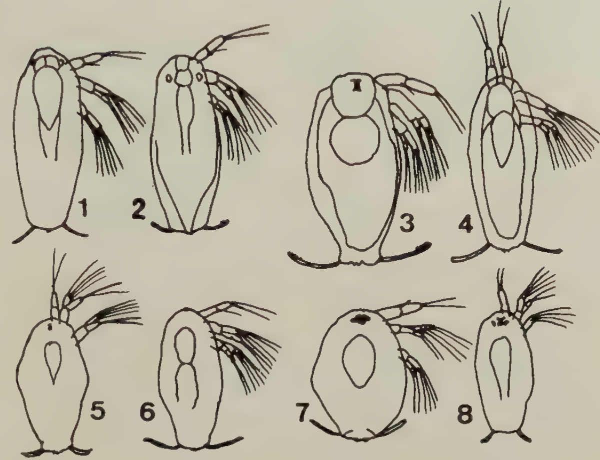



Fig. 3. Some typical nauplii of parasitic copepods (after Heegaard, 1947).
1-2: *Caligus curtus* (Stage I, II); 3-4: *Caligus rapax* (Stage I, II); 5-6: *Caligus diaphanus* (Stage I, II); 7-8: *Lepeophtheirus pectoralis* (Stage I, II).

Cyclopoida ではノープリウスの体形は，西洋梨型であり，やや細くなった体後部には対称の尾部保護装置がある。甲殻は未発育であり，明らかではない。寄生性の橈脚類ノープリウスの体形は Cyclopoida のように卵型であるが，その付属肢，尾部の刺毛などは未発育である (Fig. 3)。

一般に甲殻類のノープリウスは，卵型であり，対称の尾部保護装置を持つのが正常型である。橈脚類の初期のオルトノープリウスはこの正常型である。しかし，メタノープリウスは，環境に適応した種特有の形態を示し (Fig. 2)，一部の種では体形および付属肢が非対称になる。それゆえ，対称の尾部保護装置を持ち卵型の体形を示すノープリウスがノープリウスの原型であると考えられる。

### 2・2 付属肢

後期ノープリウスの主要な付属肢である第1，第2触角，および大顎には種の特徴がみられる。このような付属肢の特徴の類型化によってノープリウスを大別することができ，更に，その基本型が判る。

### 2・2・1 第1触角 (Fig. 4)

第1触角は，感覚器官であり，また重要な運動器官でもある。この運動器官としての特徴は端節に現われる。この端節は，偏平楕円状，橈状，棒状，矮形などの種々の形状を示し，その外縁に多数の刺毛がみられる。先端の刺毛は3～4本で，非常に長い。背縁の刺毛数は腹縁の刺毛数より多い。これらの刺毛は，ノープリウスの初期にはほとんどないが，少数の種には僅かにみられる。第1触角端節の刺毛数は，Cyclopoida および Harpacticoida より Calanoida が多く，更に，種によって変化している。*Pseudodiaptomus* の第1触角端節は，偏平な卵型であり，多数の刺毛

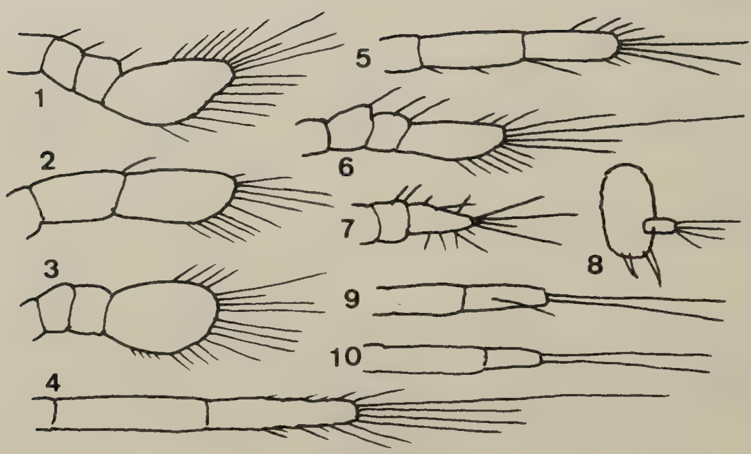



Fig. 4. Antennules of nauplii.
1: *Calanus sinicus*; 2: *Centropages abdominalis*; 3: *Pseudodiaptomus marinus*; 4: *Labidocera acuta*; 5: *Corycaeus affinis*; 6: *Longipedia weberi*; 7: *Tigriopus japonicus*; 8: *Metis josseaumei*; 9: *Caligus curtus*; 10: *Haemocera danae*.

によって縁どりされ，水に対する抵抗性を増大している。したがって，このノープリウスは橈脚類の中でも浮遊生活に適した種類である。*Calanus* 型ノープリウスの橈状の第1触角もまた多，数の刺毛で縁どられている。*Centropages* は，*Calanus* 型の橈状の第1触角を持つが，しかし，端節腹縁に刺毛がない。*Eucalanus* および *Labidocera* は長い棒状の第1触角を持つ。この触角端節には先端に長い3～4本の刺毛があるが，背腹縁の刺毛は *Calanus* および *Pseudodiaptomus* より少ない。

Cyclopoida ノープリウスは，棒状の第1触角を持つ。この端節の先端には3～4本の刺毛，背腹縁には数本の小さな刺毛があるに過ぎない。それゆえ，Cyclopoida ノープリウスは Calanoida ノープリウスより浮遊生活には適していない。寄生性橈脚類のノープリウスは刺毛数の少ない棒状で，最も単純な形状の第1触角を持つ。Harpacticoida ノープリウスの第1触角は短く各節は矮小である。その端節には比較的多数の刺毛があり，更に，Calanoida の *Pseudodiptomus* にみられる感覚毛も存在する。この Harpacticoida の第1触角は運動器官よりは感覚器官そのものであると考えられる。最も変化した第1触角は，*Metis* 型ノープリウスの第1触角であり，咀しゃく刺毛を持つ基節がある。

### 2・2・2　第2触角（Fig. 5）

ノープリウスの第2触角は2枝型付属肢である。Calanoida ノープリウスの第2触角は典型的な2枝型である。橈状の外枝は腹側に多数の刺毛を持ち，これは第1触角のように運動器官としての機能がある。外枝は種特徴が少なく，これによる種の区別は困難である。基節と内枝の基部は，食物をくだくための数個の粗い刺毛を持つ摂餌補助器官である。この摂餌補助器官は大顎同様種の特徴を示す。このような基節および内枝基部の種特性についてみると，*Euchaeta* は刺毛が少なく，*Tortanus* および *Acartia* は少数の小さな刺毛を持ち，更に，*Labidocera* は少数の小さな刺毛および多数の小棘を持つ。しかし，Calanoida の他の種類はこれらの部分に粗い刺毛がある。Calanoida の多数のノープリウスの第2触角底節には細い1本および太い摂餌のための2本の刺毛がある。

Cyclopoida ノープリウスの第1触角外枝は長い棒状であり，腹側に多数の刺毛がある。その内枝には3本の強く粗い刺毛がある。したがって Cyclopoida は，捕食能力を持つと考えられる。底節には Calanoida のノープリウス同様に細い1本と太い2本の摂餌のための刺毛がある。

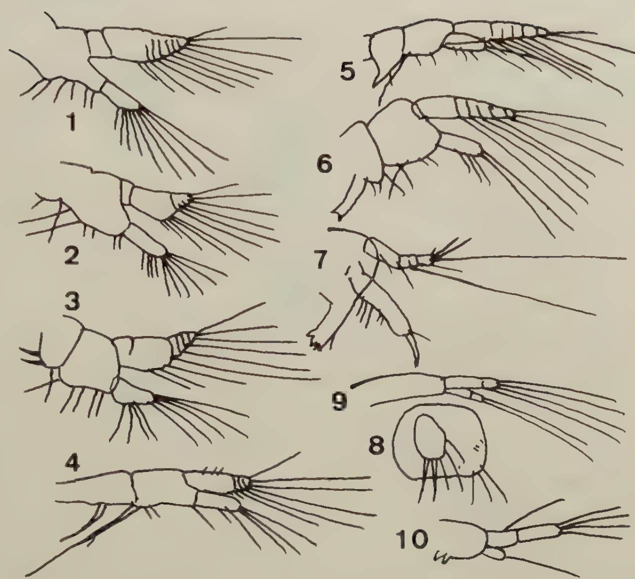


Fig. 5. Antennae of nauplii.
1: *Calanus sinicus*; 2: *Centropages abdominalis*; 3: *Pseudodiaptomus marinus*; 4: *Labidocera acuta*; 5: *Corycaeus affinis*; 6: *Longipedia weberi*; 7: *Tigriopus japonicus*; 8: *Metis josseaumei*; 9: *Caligus curtus*; 10: *Haemocera danae*.

Harpacticoida では，*Longipedia* を除くノープリウスの第2触角底節には歯を持つ1個の突起があり，基節には僅かに刺毛がみられる。外枝は矮小であり，Cyclopoida のそれより少ない刺毛で縁どりされている。水中の移動器官としての能力に劣る無節内枝は，比較的大きく，摂餌のための僅かな刺毛，1本の側刺毛，更に2本の端刺毛を持ち，食物を口までかき寄せる役割をする。*Longipedia* の第2触角は Calanoida の *Centropages* と Cyclopoida グループの触角との中間型を示す。

寄生性橈脚類ではノープリウスの第2触角の底節および基節に刺毛がないが，しかし，内枝および外枝には若干の刺毛がある。 Monstrilloida のノープリウスは底節に摂餌のための小さな鉤を持つ。このように寄生種のノープリウスは貧弱な刺毛からなる付属肢を持つ。このことは，寄生種のノープリウスが初期から，後期を省いてコペポダイト期に成長するため，機能性の低い付属肢でもその短期間の生活に十分役立ち，それ以上の発育をしなかったためと考えられる。

### 2・2・3 大顎 (Fig. 6)

Calanoida ノープリウスの大顎外枝は腹側および先端に多数の刺毛を持つ。内枝は先端に数本の長い刺毛および側縁に若干の粗い刺毛を持つ。しかし，*Acartia* および *Tortanus* の大顎の外枝には，側縁に数本の強い鈎状刺毛がみられる。Calanoidaの大顎底節には一般的に2～3個の歯を持った強い突起および数本の刺毛がある。しかし，*Euchaeta* の大顎底節は未発育の歯を持った膨らんだ節であり，反対に *Eucalanus* にみられる大顎底節は非常に発達した切歯端の突起を持つ節である。このように大顎は種による差がみられるが，Calanoida グループの大顎は遊泳および摂餌の機能を持つ顎脚である。

Cyclopoida グループの大顎は，内，外枝側縁の3～4本の強く粗い刺毛を除けば，Calanoida

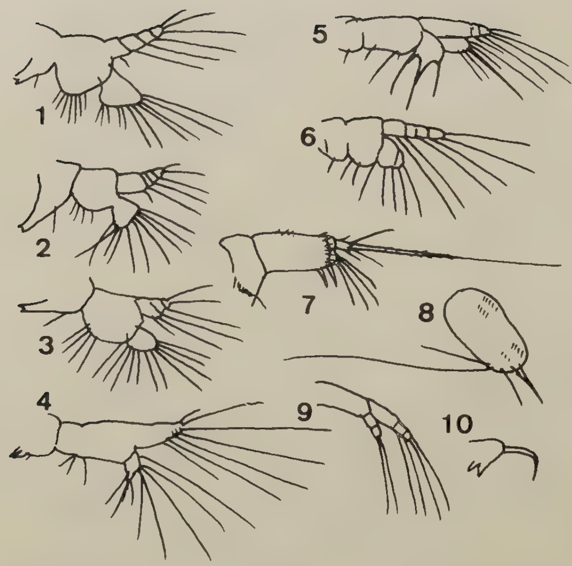



Fig. 6. Mandibles of nauplii.
1: *Calanus sinicus*; 2: *Centropages abdominalis*; 3: *Pseudodiaptomus marinus*; 4: *Labidocera acuta*; 5: *Corycaeus affinis*; 6: *Longipedia weberi*; 7: *Tigriopus japonicus*; 8: *Metis josseaumei*; 9: *Caligus curtus*; 10: *Haemocera danae*.

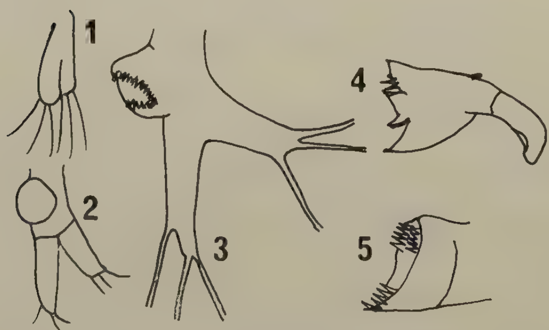



Fig. 7. Development of the mandible of *Penaeus japonicus* BATE (Macrura, Decapoda), (after HUDINAGA, 1935).
1: Nauplius I; 2: Nauplius IV; 3: Nauplius VI; 4: Protozoea; 5: Protomysis.

のそれに類似する。小さな底節には1本の棘状刺毛がある。この大顎の底節の突起は Calanoida のそれより未発育であり，また，内，外枝の刺毛数は少ない。それゆえ，Cyclopoida ノープリウスの大顎は，Calanoida のそれより食物を濾過し，砕く能力に劣る。しかし，この大顎内枝の3～4本の太い捕食刺毛は，Cyclopoida の特徴であり，動物性餌料捕食の役をなす。

Harpacticoida グループの大顎は底節および基節の明確な区分がない。基節には多数の小刺毛がある。外枝に長い1本および短い数本の刺毛があり，内枝は刺毛，鉤または小さな突起に退化している。ノープリウスはこの付属肢によって食物を集め，それを第2触角の底節の有歯突起によって砕く。この形態のノープリウスは，浮遊性ではなく，水中の自由な遊泳ができない。寄生性橈脚類の大顎は，2枝型である。しかし，それは単純で，刺毛が少ないクルマエビ類初期幼生の大顎に類似した形態（Fig. 7）を示す。

### 2・2・4　第1下顎（Fig. 8）

橈脚類ノープリウスの第1下顎は必ずしも機能的な付属肢ではない。Calanoida の Amphascandria 族では第1下顎は第4期に未発達な下顎として現われる。それは，後期には更に機能的な顎脚に発育し，成体の第1下顎の形態を示す。Calanoida の Heterarthrandria 族における第1下顎の芽は1本の刺毛として第3期に現われる。これは，後期には Amphascandria 族のもの同様多数の刺毛を持つ付属肢になる。この族の *Centropages* ノープリウスの第1下顎は，Amphascandria 族のように第4期に数本の刺毛を持つ未発育の付属肢として最初に現われ，発育する。しかし，*Acartia* ノープリウスの第1下顎は1本の鉤として第3期に出現するが，

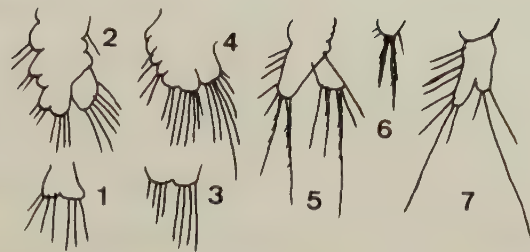



Fig. 8. Maxillules of nauplii.
1-2 : *Calanus sinicus* (Stage IV, VI) ; 3-4 : *Centropages abdominalis* (Stage IV, VI) ; 5 : *Longipedia weberi* (Stage VI) ; 6 : *Tigriopus japonicus* (Stage VI) ; 7 : *Oithona brevicornis* (Stage VI).

後期でも数個の強い鉤に留まる。Harpacticoida ノープリウスの第1下顎は，第2期か第3期に1本の大きな刺毛として現われ，それ以後ほとんど発育せず2本か，また数本の刺毛に留まる。

Cyclopoida ノープリウスの第1下顎は，Harpacticoida 同様第2期かまたは第3期に1本の単純な刺毛として現われるが，後期には数本の細く短い刺毛を持つ未発育の顎脚まで発育する。

## 2・3　尾部保護装置

ノープリウスの尾部保護装置は，平衡器官，感覚器官，更に，捕食者からの保護器官としての重要な役割をはたしている。これらの形態は，種および属の特徴を示すが，総括的にみると族または，目の特徴もみられる。

Calanoida ノープリウスの尾部保護装置は Fig. 9 のように変化に富む形態を示す。*Calanus* の尾部保護装置は，対称的な形態であり，橈脚類中最も複雑な構造を示す。この *Calanus* 型は，

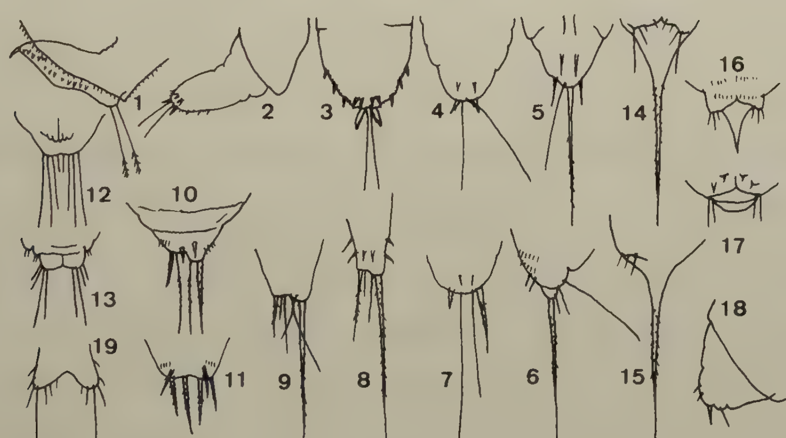



Fig. 9. Posterior portion of nauplii (ventral view, except 1, 2, 15, 18 which are lateral views).
1 : *Moina macrocopa* ; 2-3 : *Calanus sinicus* ; 4 : *Centropages abdominalis* ; 5-6 : *Centropages hamatus* ; 7 : *Centropages typicus* ; 8 : *Sinocalanus tenellus* ; 9 : *Eurytemora pacifica* ; 10 : *Tortanus forcipatus* ; 11 : *Tortanus discaudatus* ; 12 : *Oithona brevicornis* ; 13 : *Tigriopus japonicus* ; 14-15 : *Longipedia spinirostris* ; 16 : *Longipedia weberi* (Stage III) ; 17-18 : *Longipedia weberi* (Stage VI) ; 19 : *Penaeus japonicus*.

1対の尾鉤，2対の腹鉤，3対の側鉤，尾端の1対の感覚毛，更に，体側の多数の小棘からなる構造である。Eucalanidae ノープリウスの尾部保護装置は，*Calanus* 型の変形であり，尾端の右

側の装置が左側のものより大きな右強大尾部保護装置型である。*Euchaeta* の尾部保護装置は，強い鉤および棘がなく，非対称な数対の大小の尾触毛を持つ。この中の1対は，極めて長く，*Euchaeta* の長尾触毛型の特徴である。このように Amphascandria グループの尾部保護装置は対称かまたは右側装置が左側のものより発達している。Heterarthrandria グループについてみると *Acartia* ノープリウスの尾部保護装置はほぼ左右対称である。*Centropages* では1対の尾鉤は対称とみられるが，*Centropages typicus* の左尾鉤は右尾鉤より大きい。この Centropagidae に属す *Sinocalanus* の尾部保護装置は，*Centropages* のものと異なり，尾棘，尾鉤，腹鉤の他，側鉤を持つ。これは左の尾鉤を強大にした *Calanus* 型変形である。*Pseudodiaptomus* の尾部保護装置はこの *Sinocalanus* 型に類似した形態である。*Labidocera* および *Pontellopsis* の尾部保護装置は Amphascandria の *Eucalanus* および *Rhincalanus* とは左右逆の非対称構造である。*Eurytemora* の尾部保護装置は，腹鉤，側鉤，などがなく，尾端にある非対称の尾棘のみである。この構造は Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスの尾部保護装置に類似する。

Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスの尾部保護装置は Calanoida のそれとは異なる2～4対の対称な大小の刺毛からなる単純な形態である。尾部保護装置の種の特徴は，尾刺毛の数および長さの差にみられる。Cyclopoida の左右の尾部保護装置は近接し，Harpacticoida のものは明らかに左右に分離している。Harpacticoida の *Longipedia* ノープリウスの尾部保護装置は1個の強大な中央尾棘が特異なものである。

寄生橈脚類の多くのノープリウスは尾端に平衡または感覚器官としての1対の刺毛を持つのが特徴である。

橈脚類のノープリウスの基本型となるのは，体形が卵型であり，第1触角が推進器官および感覚器官の機能を持ち，運動および摂餌の機能を持つ未分化な形態の第2触角ならびに大顎を持つものである。また，尾部保護装置の原型は鉤などがなく単なる1対の感覚毛のみで構成されたものと考えられる。この形態は，橈脚類のほとんどの孵化ノープリウスが示しているが，発育とともに変化する。橈脚類ノープリウスの中で遊泳，摂餌，および防御のための装置が発達せず，しかも卵円型の単純な形態を示す種は，寄生性種のノープリウスである。それは成長後も孵化直後の体形を留め，橈脚類の中で基本型を示す種類である。しかし，この単純な形態は寄生のために特殊化した習性に起因しており，この型のノープリウスを持つ種類を橈脚類の原始的種類であるとは考えられない。

## 2・4　考察

下等な甲殻類はノープリウス幼生を持つ。しかし，これらには橈脚類ノープリウスのような多様な形態および生態がみられない。

多様な環境に生息し，多様な卵から孵化する橈脚類ノープリウスは，孵化直後はオルトノープリウスであり，卵型で，3対の付属肢，すなわち第1，第2触角および大顎を持つ水中生活のための最小の基本型である。第1下顎はメタノープリウス期に出現する。その出現時期および発育様式は種類の特性を現わす。ノープリウスは成長に従って卵型の基本型から種特有の形態になり，

環境に適応した運動および摂餌生態を示す。ノープリウスの形態について花岡（1952）は，Calanoida を含む Gymnoplea は羽状毛が発達した長大な付属肢を持つ側偏した豆型であり，Podoplea の Cyclopoida は体の伸長，側偏が少なく，Harpacticoida は上下に偏平な円盤状であって，これらの中で Calanoida の側偏した卵円型の体形を基本型とみている。また，ノープリウスをステージ（S）と体長（B）の関係から $B=bS^a$ と $B=\beta e^{2s}$ の2群に分け，更に第1触角の長さとの関係から形態区分をした。しかし，生態特性による形態の体系化を行っていない。

## 形　態

寄生種のノープリウスは，古い宿主を離れ，新しい宿主に寄生する生態の中で生活の場を拡大する準備期間である。したがってそれは，体内に油球などの多量の栄養物質を持ち，摂餌能力の低い形態であり，その期間も短く，後期のメタノープリウス期がない。このことから寄生種のノープリウスが単純な卵形であることが理解される。

卵型のノープリウスは *Cyclops* にもみられる。寄生種のイカリムシのノープリウスは *Cyclops* のそれに類似した形態を示し，Cyclopoida の中には準寄生種も含まれている。このように寄生種に近い位置にある Cyclopoida の体形は卵型である。しかし，その付属肢は捕食のために発達し，その形態には種の特性がある。

Harpacticoida の *Longipedia* は，卵型の腹部が僅かに突出した西洋梨型であり，*Calanus* の初期の形態を示す。その付属肢も浮遊のために適応した形状である。しかし，他の Harpacticoida は，*Longipedia* と異なり，背腹軸に偏平な体形である。例えば，*Microsetella* は偏平な卵型であり，*Tigriopus*, *Tisbe* などは円盤型の体形であり，その付属肢も基質上を這い廻る習性に適した形状である。

浮遊生態を持つ Calanoida は多様な形態を示す。卵型の後体部が突出し，可動の節を持つ体形は *Calanus* の腹部屈曲型であり，浮遊のために適応した付属肢および尾部保護装置がある。更に，後体部が細長くなった両生類幼生型（オタマジャクシ型）の体形は *Sinocalanus* および *Temora* にみられる。卵型の前端が偏平な体形は *Acartia* であり，それが変化した五角卵型は *Tortanus* の体形である。肥大した菱卵型は *Eucalanus pileatus*, *Euchaeta* などの体形である。伸長した紡錘型は *Eucalanus* にみられ，更に，体後部が伸長した楔型の長身体は，*Rhincalanus*, *Pontella* にみられ，低抗が少なく，直進性に優れている。

以上の体形に種々の構造の付属肢および尾部保護装置が加わり，多様な種の形態特性を示す。すなわち，尾部保護装置対称型（Calanoida の *Calanus*, *Acartia* 更に，Harpacticoida, および Cyclopoida），尾部保護装置非対称型（Calanoida），長尾触毛型（*Euchaeta*），短触角型（Harpacticoida），棒状触角型（Cyclopoida），扇状触角型（*Pseudodiaptomus*），熊手状大顎型（Cyclopoida），刷毛状大顎型（Harpacticoida），などである。

## 付 属 肢

Gauld（1958）は Calanoida および Cyclopoida ノープリウスの第1触角について簡単に触

れたが，花岡（1952）は第1触角（A）と体長（B）の伸長の関係，$A=cB^d$ から d=0.96と d=0.57の2群を認めた。d=0.96群は，第1触角の伸長率が体伸長率に等しく，浮遊性種と記述している。一般にノープリウスの付属肢は体長とともに成長するため，両者の伸長率の比は両者の単純比から判る。したがって第1触角が体長と比較して長い種類は浮遊性の性質があり，短い種類は浮遊力が劣ることになる。

第1触角は感覚と運動器官を兼ね，様々な形状がある（Fig. 4)。*Pontellopsis* および *Eucalanus* にみられる長いへら状の触角は最も遊泳力に富む形状である。この他，遊泳に適した橈状触角は *Calanus* および *Centropages* にみられる。*Pseudodiaptomus* にみられる多数の刺毛を持つ羽状触角は最も浮遊に適した形状と考えられる。寄生橈脚類の第1触角は，長いが，刺毛数が少ないために浮遊能力が劣る。感覚毛を持つ短い第1触角は，這い廻る習性に適し，Harpacticoida のノープリウスにみられる。Cyclopoida の第1触角は，棒状であり，Calanoida と Harpacticoida の中間型である。*Oncaea* の第1触角は比較的に長く，*Oithona* の第1触角は，それより短く，第1節で屈折した L 字型である。花岡（1952）は第1触角第2節の区分数によってノープリウスを分類しているが，これは観察時の生育条件で異なり，区分の種間に生態的な関係がみられない。

以上のようにノープリウスの第1触角は，伸長率が類似していても，その形状に差があり，機能も異なる。第1触角の伸長率が d=0.96群でも，この中には浮遊適応形態である羽状，橈状，棒状型などがあり，その感覚および運動性の機能は多様である。それゆえ，第1触角は長さとともにその形状がノープリウスの生態上重要な意味を持つ。

第2触角は，本来感覚としての器官であるが，ノープリウスでは運動および摂餌器官としての機能がある。Calanoida では外枝は6～8節からなる多節の橈状である。基部にある第1節は短く，第2節は長く，第3節以上は端部で密接している。Cyclopoida の第2触角外枝は棒状の多節で，節の間隔は Calanoida のそれより長い。Harpacticoida 第2触角の外枝は，短小な4節で，その第2，第4節には比較的長い刺毛があり，感覚の機能を持つ。Harpacticoida の *Longipedia* の外枝は多節棒状の Cyclopoida 型である。花岡（1956）は多節の形状が浮遊性の性格を持つとしたが，多節でも節の形状で，生態に差がみられる。種の生態特性は内枝および底節の形状にみられる。すなわち，Calanoida 第2触角内枝は多数の刺毛が網状となり，水流を起こし，餌を集める機能がある。Cyclopoida 第2触角内枝は刺毛が少ない Calanoida 型である。Calanoida ならびに Cyclopoida の底節および基節は比較的強い刺毛があり，これは咀しゃく補助器官の役をする。*Longipedia* を除く，Harpacticoida 第2触角内枝は，先端の刺毛が鉤状の突起に変化した鎌状であり，これは水底に堆積した餌を掻き集める機能を持つ。底節の切歯端を持つ突起は，内枝によって集められた餌を砕く機能がある。このように Harpacticoida の第2触角は摂餌のために特殊化している。

大顎についてみると，Calanoida の底節には後期に強い切歯端を持つ咀しゃく突起がみられるが，Cyclopoida および Harpacticoida にはない。Calanoida および Cyclopoida の基節は膨み，そこに数本の刺毛がある。Harpacticoida 大顎では刺毛は少ない。Calanoida の外枝は4～5節

であり，遊泳の機能がある。内枝は多数の刺毛があり，濾過摂餌の機能を持つ。しかし，この目の *Tortanus* では内枝の腹部に数本の刺毛の集合した太い突起があり，濾過摂餌より捕食の機能を持つ。Cyclopoida は，内枝の腹側に熊手状の3～4本の強い刺毛を持ち，捕食の習性がある。Harpacticoida では大顎の外枝は小さく，その先端の長い刺毛には武器および感覚の機能がある。内枝は退化し，そこに小さな突起および数本の刺毛がある。この目の *Longipedia* の大顎は Calanoida 状であるが，咀しゃく突起はなく，真性の浮遊種と異なる。このように大顎には橈脚類を大別できる形態的特性がある。

第1下顎の出現および発育には Calanoida，Cyclopoida ならびに Harpacticoida 間の差が明らかにみられる（Fig. 8)。第1下顎は，Calanoida では第4期に数本の刺毛を持つ未発育の付属肢として出現し，第6期には1～2本の刺毛を持つ多数の原節を持ち，摂餌器官としての機能を持つ。Cyclopoida の第1下顎は，第2，3期に1本の刺毛として出現し，6期には数本の刺毛を持つ2葉の付属肢になる。Harpacticoida の第1下顎は，第2，3期に1本の刺毛として出現し，6期でも数本の刺毛を持つ原基である。*Longipedia* の第1下顎は Cyclopoida 型の発育をする。

以上の付属肢をみると Calanoida は第1触角の推力によって遊泳する。第2触角は遊泳を補助し，餌を集め，それを大顎に送って砕く。大顎の外枝は遊泳の補助の役をする。第1下顎は摂餌の補助の役割をしている。Cyclopoida の 第1，第2触角は Calanoida 同様であるが，大顎内枝は熊手状刺毛を持ち捕食の機能を持つ。Harpacticoida の第1触角は感覚器官としての性質が強い。この類は水底などを這い廻り，第2触角で餌を掻き集めて砕き，大顎は Calanoida の第1下顎の働きのような摂餌の役割をしている。寄生種のノープリウスの第2触角および大顎は内，外枝には数本の刺毛のみを持ち，顎脚としての機能がない。

### 尾部保護装置

尾部保護装置は感覚および防御の役割の外，体の平衡器官としての役割をはたす。これは，孵化直後のノープリウスでは1対の刺毛のみであるが，成長に従って刺毛，棘，鉤状の突起が現われ，その数も増大する。しかし，寄生種の尾部保護装置は尾触毛に終始する。*Calanus* 型の後体部は尾刺毛，腹鉤，側棘などからなる最も複雑な尾部保護装置がある。これは尾刺毛，尾爪，側棘列を持つ原始的甲殻類である鰓脚類の枝角類の後体部に類似している（Fig. 9-1~3)。この型は，浮遊生活に適応しており，水との摩擦，外敵に対する防御手段としての高い機能がある。*Eucalanus elongatus* 型の尾部保護装置は，*Calanus* 型の右側が長く，*Sinocalanus* では左側が長く変形した形状で，非対称である。このように *Calanus* を除く Amphascandria 族の尾部保護装置は右側が，Heterarthrandria 族では左側が強大な非対称型である。この型の中で単純なものは *Centropages* 型であり，各々の1対の尾刺毛（棘)，尾鉤および腹鉤からなる（Fig. 9-4~7)。1対の尾刺毛は尾端において左右より背腹に位置している。腹側尾端の1本は *Pseudodiaptomus* にみられる中央尾棘のように強大であり，背側の1本は細く短い。*Euchaeta* の1対の尾刺毛は，極めて長い触角状であり，この類ノープリウスの運動性が劣ることを示している。Cyclopoida

および Harpacticoida の尾部保護装置は尾端に対称の数対の刺毛を持つ十脚類型である。*Longipedia* 型は尾端に1本の強大な中央棘があり，これは，*Centropages* 型の1本の尾刺毛に相当する。この痕跡は *Microsetella* および *Euterpina* にもみられる。Calanoida 尾部保護装置の非対称性は，*Calanus* 型の左右対称性と *Centropages* 型の1対の尾刺毛が示す背腹対称性との分化の過程で生じた現象であろう。

このように尾部保護装置には種の特性がみられ，Faber（1966）はこれによってナラガンセット湾のノープリウスの分類を研究した。しかし，それは種数が少なく，種の形態特性の体系づけが行われなかった。

## 第3章　生　態　特　性

橈脚類は地球上の各種水域，例えば，湖沼，河川，更に，海洋においてプランクトンおよびメイオベントスとしての生態を示す。中には地衣類群体中の生息種もみられる。九州北西部水域においても橈脚類は内湾，沿岸，更に沖合の多様な環境に生息している（田中・古賀，1958，Tanaka・Irie・Iizuka and Koga，1961，Tanaka・Koga，1962，古賀・渡辺・大隈，1974，古賀・大内，1975，古賀，1980）。このように橈脚類は多様複雑な環境および生物群中において種特有の適応および増殖戦略を示す。例えば，潮溜り生息種の *Tigriopus japonicus*（Harpacticoida）は塩分および温度変化の激しい環境に適応し増殖する。しかし，その成長速度は温度函数である（古賀，1979）。Calanoida の中には環境不適時を休眠卵で過ごし，好適時の多数産卵によって種族維持，増殖を画る種がいる。その繁殖生態はノープリウス形態および生態との関係が深い。ノープリウス摂餌生態には浮遊食物の濾過摂餌，デトリタス摂餌，他生物の捕食，油球栄養，更に寄生生態もみられる。ノープリウスが持つ生態特性は重要な進化の産物であり，それがまた種の形態にも影響している。本章ではこのような橈脚類の産卵生態および卵型，更に，ノープリウスの形態，運動，摂餌生態をみた。

### 3・1　繁殖生態

甲殻類の産卵生態は2群に大別される。第1群の種類は，産卵後，生殖孔およびその近くに付着した卵嚢卵保護の習性によって特徴付けられる。第2群は，水中に卵を自由に産出し，卵の保護をしない種類である。

Malacostraca の中のアミ類，等脚類および端脚類数種，更に，十脚類の多数種は，オキアミ類およびエビ類数種の例外を除き，第1群に属し，産卵後卵を抱卵し，保護する習性を持つ。Entomostraca の一員である鰓脚類は，環境条件の好適時には卵を抱卵して，孵化までの短期間，その保護下においている。けれども，厳しい生息環境では逆境に耐える被覆を持つ耐久卵を産出する。このように鰓脚類は二型の産卵生態を示す。しかし，鰓脚類の短期間に孵化する卵は未受精卵であり，この単為生殖を含む産卵生態は原始的と考えられる。

橈脚類は重要な Entomostraca の一員である。一般に橈脚類は，卵を水中に自由に産出せず，

腹部生殖節に付着した卵嚢および卵紐中に産卵し，保護する (Fig. 10)。この産卵生態の Calanoida および Harpacticoida の多数種は1個の卵嚢を，Cyclopoida の多数種は2個の卵嚢を持つ。Monstrilloida の雌成体は生殖節に付着した2本の卵の糸を携帯する。Caligoida の雌成体は生殖節の両側に付着した卵の紐を携帯する。多くの寄生性橈脚類の雌は，宿主に固着し，そして多様な卵の紐を産出する。卵嚢卵産出種である Hapactioida の *Tigriopus japonicus* は，100～130日間生存し，その間に最高43回の産卵をした（古賀，1975)。この雌成体は，分離飼育では17～23回以後未受精卵を産出するが，雄との同時飼育時には再び受精卵を産出した。若齢期交尾による雌の保存精子は約20回の産卵に有効であり，約1,000個の卵が受精すると考えられる。産卵数は，初期には少ないが，次第に増大し，50個に収斂する。産卵回数を20回とみれば，総産卵数は1,000個であり，40回の産卵では2,000個になる。

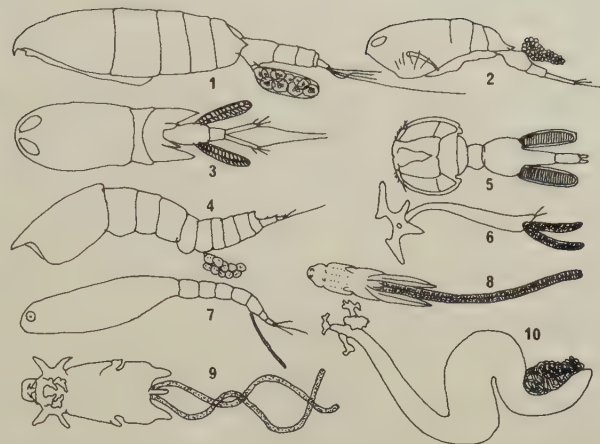



Fig. 10. Female of copepods with various types of egg-masses (after KOGA, 1973).
1: *Pareuchaeta russelli*; 2: *Corycaeus affinis*; 3: *Corycaeus crassiusculus*; 4: *Euterpina acutifrons*; 5: *Trebius latifurcatus*; 6: *Lernaea cyprinacea*; 7: *Haemocera danae*; 8: *Lernanthropus kroyeri*; 9: *Chondracanthus lophii*; 10: *Lernaeocera branchialis*.

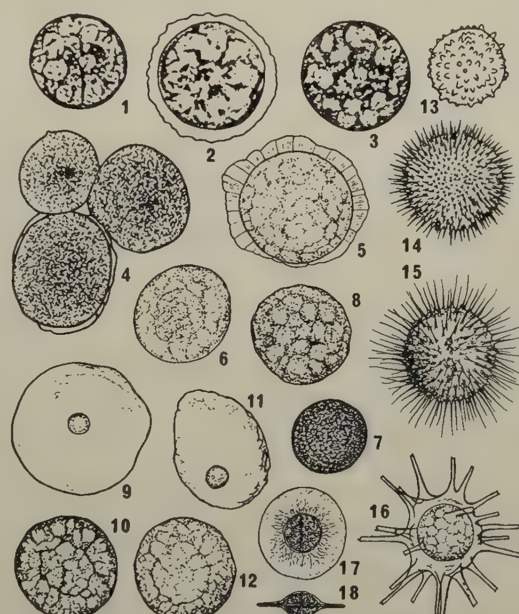



Fig. 11. Various types of copepod eggs released freely in water (after KOGA, 1973).
1: *Calanus finmarchicus*; 2: *Calanus finmarchicus*, Tromsø form; 3: *Calanus helgolandicus*; 4: *Calanus hyperboreus*; 5: *Undinula vulgaris*; 6: *Temora discaudatus*; 7: *Labidocera acuta*; 8: *Pontellopsis yamadae*; 9-10: *Eucalanus elongatus*; 11-12: *Eucalanus crassus*; 13: *Centropages hamatus*; 14: *Centropages yamadai*; 15: *Centropages abdominalis*; 16: *Centropages furcatus*; 17-18: *Tortanus discaudatus* (egg and case, viewed from above and side).

橈脚類の一部の種類は浮性卵を産出する。特に，Calanoida の種類にこの性質がみられる。そ

の産卵数についてみると *Centropages abdominalis* は1回に130個の浮性卵を産出する（古賀, 1960)。*Calanus finmarchicus* は，24時間に20～60個，最高150個の卵を産卵する。その総産卵数は，200～300であるが，74日間に586個の産卵の事例がある（MARSHALL and ORR, 1955)。これは *Tigriopus japonicus* の産卵に比較し，1回の産卵数では多く，総卵数では劣った。しかし，橈脚類の産卵は，餌料および温度などの環境条件で左右され，一概には比較できない。

浮性卵には Fig. 11 のように2型がある。一つは球型で，卵殻に浮遊装置を欠く。この典型的な例は *Calanus* 卵である。他の形態は *Eucalanus, Centropages, Tortanus* などの卵にみられるような浮遊装置を持つ浮性卵である。*Centropages* 卵は，多様な棘を持つ卵殻で特徴づけられ，水中に漂うための適応の好例である。*Eucalanus* 卵は透明なコロイド状物質を含むケース中にある（KOGA, 1968a)。

橈脚類の産卵生態　卵の性状とノープリウス体形との関係を Table 1 に示した。Table 1 の

Table 1. Matrix of the type of nauplius and the characteristics of copepod egg.

| Body type \ Egg type | Pelagic eggs (Calanoida): globular | Pelagic eggs (Calanoida): with floating devices | Egg in the sac |
|---|---|---|---|
| 1. Dorso-ventral flexure (*Calanus* type) | Calanidae | | Calanoida<br>*Pseudocalanus minutus* |
| 2. Tadpole-shaped | *Sinocalanus*<br>*Temora* | | |
| 3. Elongated | *Labidocera*<br>*Pontellopsis* | *Eucalanus*<br>*Rhincalanus* | |
| 4. Egg～Pear-shaped | *Acartia* | *Centropages* | Calanoida<br>*Diaptomus*<br>*Pseudodiaptomus*<br>*Eurytemora*<br>Members of Cyclopoida<br>Parasitic copepod |
| 5. Flattened egg-shaped | | | Members of Harpacticoida |

ように卵～西洋梨型体形のノープリウスを持った *Euchaeta, Diaptomus, Eurytemora* などの Calanoida, Harpacticoida, Cyclopoida および寄生種は一般に卵嚢卵を産出する。

浮性卵産出の種は好転した環境条件で孵化し，成長する。その好適環境時の効率よい生活のため，ノープリウスは摂餌行動など種特有の生態を示す。この生態はまたその形態にも影響を与える。例えば，Calanoida の *Calanus* は，腹部が屈曲し，多数の刺毛のある付属肢を持ち，浮遊生活に適応している。*Eucalanus, Rhincalanus, Labidocera* および *Pontellopsis* などは，体形が伸長し紡錘型となり，行動性に適応している。

### 3・2　運動および摂餌

甲殻類の付属肢は，GAULD (1958) によれば，第1触角は主として平衡器官であり，第2触角

は主な運動器官，更に，大顎は本来の食物採集の付属肢である。しかし，付属肢の機能はそのように単純なものと考えられない。

甲殻類ノープリウスの第1，第2触角および大顎外枝は重要な運動器官である。葉脚類の第1触角は棒状付属肢かまたは小さな1本の刺毛であり，更に，それが消失した種もいる。第2触角は運動の機能を持つ発達した付属肢である。大顎は，内枝を欠き，運動器官より摂餌器官に分化している。このような葉脚類は真の浮遊性種ではない。介形類ノープリウスは，棒状の第1触角，第2触角および大顎の単純な外枝を持ち，這い廻る習性を示す。蔓脚類ノープリウスは，第2触角および大顎の外枝は発達した棒状であり，準浮遊性の体形を示す。オキアミ類ノープリウスは，第2触角と大顎の外枝および第1触角が棒状であり，準浮遊性の体形を示す。クルマエビ類ノープリウスは棒状の第1触角および第2触角の外枝，更に，3本の端刺毛を持つ簡単な外枝の大顎を持った準浮遊性種である。

甲殻類の中で葉脚類，橈脚類および蔓脚類のノープリウスは付属肢によく発達した咀しゃく刺毛を持つ。葉脚類では この咀しゃく刺毛は 非常に強大である。例えば，第2触角には橈脚類の Cyclopoida のように底節に2叉の咀しゃく刺毛が，更に，基節には1本の強く長い刺毛がある。大顎1底節の咀しゃく突起には貧弱な切歯端の存在する種とないものがある。基節には2本の強大な咀しゃく刺毛がある。大顎の内枝は消失しており，外枝には橈脚類の Harpacticoida のそれに似た数本の咀しゃく刺毛があり，食性はデトリタス摂餌に近いと考えられる。介形類のノープリウスは第2触角および大顎の内枝を欠く。第2触角の底節および基節には1本の刺毛がある。大顎の底節には貧弱な切歯を持つ咀しゃく突起があり，基節には小さな1本の刺毛がある。このような介形類のノープリウスの食性はデトリタス摂食と考えられる。蔓脚類（フジツボ類）ノープリウスの付属肢の咀しゃく刺毛は，葉脚類のそれより短かく，橈脚類に類似する。第2触角底節の咀しゃく突起に切歯端として少数の鉤があり，更に，基節には若干の強い咀しゃく刺毛がある。大顎底節には1本の強い咀しゃく刺毛および1本の小さな刺毛があり，基節には数本の咀しゃく刺毛がある。内枝第1節には橈脚類 Cyclopoida に類似した3本の熊手状の咀しゃく刺毛がある。このような付属肢からみると蔓脚類ノープリウスは Cyclopoida に類似した食性を示し，擬似雑食性と考えられる。実際には，この類が草食の性質を持つことは藤永および笠原（1942）による珪藻類の *Skeletonema costatum* を使用したタテジマフジツボの飼育から判る。オキアミ類およびクルマエビ類のノープリウスには摂餌器官としての咀しゃく刺毛がない。Fig. 7にクルマエビ大顎の発育を示した。ノープリウスの大顎は運動器官として機能的な内，外枝を持つ。次のゾエアの大顎は，口器として機能的な切歯端があり，内，外枝は消失する。このように進化した甲殻類の大顎は，幼生では運動機能があるが，発育とともに口器本来の性格が強くなる。

### 3・2・1 運　　動

橈脚類のノープリウスの主な付属肢は第1触角，第2触角および大顎よりなるが，これらは種の生態特性によってその形態と機能が変化してる。この中で運動に関与するのは第1触角，第2触角および大顎の外枝であり，運動器官としての重要な役割をする。このような橈脚類付属肢の

形状および体形によって運動型態は4型に，更に，摂餌型態は5型に区別される。

1.　浮遊型（*Calanus* 型）

第1触角は檍状であり，端節背腹縁に多数の長い刺毛がある。体形は卵円型から伸長した紡錘型である。尾部保護装置は最も複雑である。多数の Calanoida ノープリウスがこの型である。

2.　準浮遊型（*Cyclops* 型）

第1触角は，棒状であり，その先端に数本の長い刺毛がある。しかし，背腹縁の刺毛は短い。第2触角には多数の長い刺毛を持つ檍状または棒状の外枝がある。体形は卵円型かまたは円筒状卵型である。尾部保護装置は単純である。多くの Cyclopoida ノープリウスがこの型に属している。

3.　擬浮遊型（*Caligus* 型）

各付属肢は先端に数本の刺毛を持つ簡単な構造である。体形は卵円型である。尾部保護装置はノープリウスの中で最も単純である。寄生種の多数のノープリウスはこの型に属す。

4.　ほふく型（*Harpacticus* 型）

小さな棒状の第1触角の端節先端に数本の長い刺毛があり，背腹縁には数本の短い刺毛がある。体形は偏平な卵円型である。尾部保護装置は比較的複雑である。多くの Harpacticoida および Monstrilloida のノープリウスはこの型に属す。

### 3・2・2　摂　　餌

第2触角および大顎の底節，基節，更に，内枝は摂餌器官としての重要な役割をする。大顎底節の鋭い切歯端を持つ顎基は食物を砕き，咀しゃくする働きをする。第2触角および大顎の底節と基節の大きな刺毛は，食物をひっかけて破砕する補助咀しゃく器である。

1.　濾過摂餌型（*Calanus* 型）

第2触角の底節には2本の強い咀しゃく突起，基節には数本，内枝には多数の長い刺毛がある。大顎の底節には鋭い切歯端，基節には多数の長い刺毛，内枝には数本の細長い刺毛がある。Calanoida の多数種がこの型に属す。

2.　擬肉食型（*Cyclops* 型）

第2触角の底節には2本の強い咀しゃく突起，基節には僅かな刺毛，内枝には数本の短い刺毛がある。大顎の底節には1本の棘，基節には僅かな刺毛，内枝には強い捕食刺毛がある。Cyclopoida の多数種がこの型に属す。

3.　雑食型（*Acartia* 型）

第2触角の底節には2本の強い咀しゃく突起，基節には若干の刺毛，内枝には数本の長い刺毛がある。大顎の底節には突起，基節には数本の刺毛，内枝には数本の強い咀しゃく用突起および細長い刺毛がある。*Acartia*, *Eucyclops*, 更に，*Longipedia* のノープリウスがこの型に属している。

4.　デトリタス摂食型（*Harpacticus* 型）

第2触角の底節には切歯端がある。基節には若干の刺毛があるが，時には刺毛を欠く。更に，

内枝には1本の刺毛および1本の強い咀しゃく刺毛が先端にある。大顎は，退化した付属肢であり，特に，内枝が退化している。Harpacticoida の多数種がこの型に属している。

5. 油球栄養型

これには *Euchaeta* および寄生種にみられる二型がある。*Euchaeta* 型では第2触角ならびに大顎の底節および基節には数個の小さな棘がある。この型のノープリウスは体内に多量の油球があり，これによってノープリウス期を過ごす。このため口器としての付属肢は貧弱である。*Euchaeta* ノープリウスがこの型に属す。*Caligus* 型の第2触角および大顎の節は，細長く，摂餌のための刺毛を欠く。この型には寄生橈脚類の多数種が属している。これらのノープリウスは，宿主に到達するまでの短い期間の水中生活のため，摂餌の必要性を欠き，しかも，発育段階を短縮した成長を示す。

このように運動および摂餌の生態に適応した付属肢の構造には種の特性が現われており，ノープリウスの運動と摂餌行動を組合せた生態は付属肢の形態から次の6型が考えられる。(1)浮遊一濾過摂餌型（*Calanus* 型)。(2)準浮遊一擬肉食型（*Cyclops* 型)。(3)準浮遊一雑食型（*Acartia* 型)。(4)ほふく一デトリタス摂食型（Harpacticoida 型)。(5)準浮遊一油球栄養型（*Euchaeta* 型)。(6)擬浮遊一油球栄養型（*Caligus* 型)。この運動と摂餌生態の中で基本型となるのは孵化直後の形態を留める準浮遊，および擬浮遊の油球栄養型である。

## 3・3 寄　　生

橈脚類には多数の共生および寄生種が存在する。これらは，哺乳類，魚類，海鞘類，甲殻類，軟体動物，環形動物，更に，蘚苔類などに共生または寄生しており，その生活および寄生の生態も多様である。このような種類は，Cyclopoida，Harpacticoida の一部にも存在している。この外，環形動物に寄生する Monstrilloida，海鞘類に寄生する Notodelphyoida，端脚類寄生種である Herpyllobioida，更に，魚類寄生の種類を含む Caligoida および Lernaeopodoida などがある。

寄生種の中には真正の寄生種の外，一般的な橈脚類の形態のままで寄生する準寄生種がある。WILSON（1921）による準寄生の橈脚類は，真正の寄生と異なり，その生活圏に自由生活と寄生生活の転換がみられる。これは水中での自由な遊泳能力を持ち，寄生生活の場を一時的に離れて他の宿主に移すことの出来る種類である。真正の寄生橈脚類は寄生のために適応した変態のため異様な形態を示す。魚類の皮膚，鰭および鰓などに着生するイカリムシ（*Lernaea cyprinacea* LINN.)（Fig. 12）には浮遊期のノープリウス4期と準寄生のコペポダイト6期がある。交尾後，最終コペポダイトの雌は，魚類の皮膚，鰭および鰓に固着し，最後の産卵期に変態する（笠原，1962)。また，魚類の寄生種である Caligoida の *Lernaeocera branchialis*（LINN.）は生涯に二つの宿主に寄生する生態を持つ。幼生はヒラメ類の鰓に寄生するが，成体はヒラメを離れる。雄はそれ以上の変態をせず，まだヒラメ類に寄生中の未熟な雌と交尾をする。雌はヒラメを離れ，タラに寄生して成熟する（SNORDGRASS, 1956)。Caligoida の *Caligus curtus*（O. F. MÜLLER）は，ノープリウスおよびコペポダイトの各2期があり，次の寄生期のカリムスの5期から成体になる。

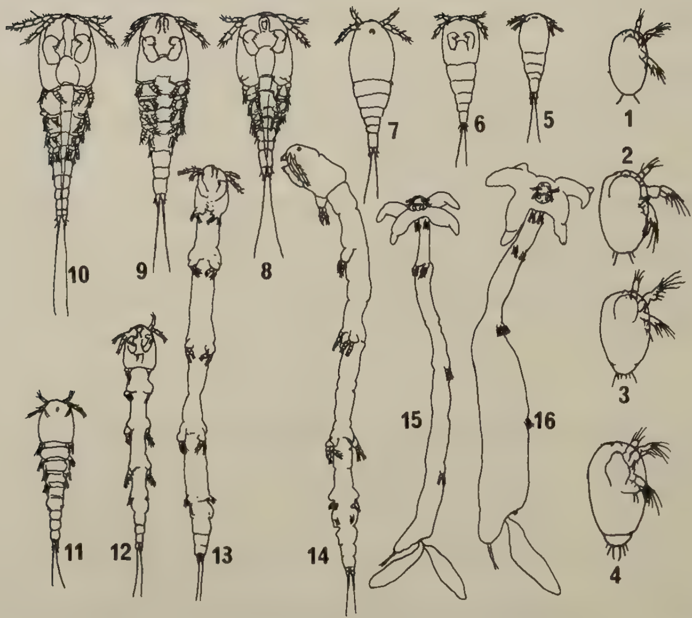



Fig. 12. Development of *Lernaea cyprinacea* LINNE (after KASAHARA , 1962).
1-2 : Nauplius I, II ; 3-4 : Metanauplius I, II ; 5-10 : Copepodite I-VI ;
11-16 : Successive stage of female during metamorphosis.

成体は，普通の橈脚類の形態を持ち，宿主に付着せず，雌雄共，自由に遊泳する（HEEGAARD, 1947)。Monstrilloida のノープリウスは，遊泳に適せず，宿主に着生し，卵型になる。腹腔の血管中に移った寄生体の腹部には前方へ伸びた食物吸収器官の２本の細長い腕状突起が生じてくる。触角が吻中で再び形成された時，寄生体は幼生の表皮中で成体形に成長する。寄生体は宿主を離れる時，多棘の表皮および栄養腕を捨て，遊泳態の橈脚類型成体になる。このように寄生種は多様な生態への適応分化を示す。

### 3・4 考　　察

節足動物は原始的多毛類から進化してきたものと考えられ，現在でも原始的な節足動物は多毛類の形態および生態を残す。節足動物に属し，その生態および形態特性を持つ甲殻類でも下等な種類または発育初期には多毛類状の形態および生態がみられる。橈脚類の幼生は，多毛類トロコフォラ幼生期に相当する段階を卵中で過ごし，次の浮遊期幼生に相当するノープリウス期で孵化する。このように下等な甲殻類の幼生はほとんどノープリウス期で孵化する。高等な甲殻類の幼生は，ノープリウス期を卵中で過ごし，更に発育の進んだゾエアやミシス期で孵化する。高等な甲殻類の中でもクルマエビの幼生はノープリウス期で孵化する原始性を持つ種類である。この類の卵は約 0.2㎜ であり，産卵数は約70万の多数である。甲殻類では水中に自由に産出される浮性卵は，体長に比較して小さく，卵黄量も少ない。そのため胚は発生の早期に孵化する原始性がある。反対に，多くのエビやカニの高等な種類は，産卵後，卵を体の一部に付着させ，孵化まで保

育する。

橈脚類の産卵型式には，他の甲殻類のように産卵後，体の一部に卵を付着させて保育する種類および浮性卵を産出する種類がある。Calanoida には，浮性卵産出および両方の性質を持つ Heterarthrandria 族の種類がみられる（古賀，未発表）。これは，原始的な鰓脚類の産卵様式であり，この産卵様式からみれば橈脚類の中では Calanoida が原始的である。

橈脚類の卵は小さく，卵中には胚の発育に充分な卵黄がなく，ゾエアまたはミシス期より早いノープリウス期で孵化する。そのため，摂餌の諸器官は早期から機能的である。また，水中の様々な環境における生活のためノープリウスは様々な運動および摂餌の型態を持ち，それは6型に大別される。例えば，浮遊一濾過摂餌型（*Calanus* 型）は，多数の刺毛を持つ櫛状の第1触角および大顎の外枝によって浮遊し，その内枝および基節の刺毛によって餌を集め，底節の咀しゃく突起によって固い餌を砕き摂餌する型である。準浮遊一擬肉食型（*Cyclops* 型）は，第1触角，第2触角，および大顎の外枝が棒状である。大顎の底節には切歯突起がなく，内枝は熊手状となり，固い餌より柔らかな餌を捕捉摂餌する型である。準浮遊一雑食型（*Acartia* 型）は，体形，付属肢などが *Calanus* と *Cyclops* 型の中間型であり，大顎内枝が熊手状で，両者の食性，すなわち，雑食性を示す。ほふく一デトリタス摂餌型（*Harpacticus* 型）は，短い第1触角，細い棒状の第2触角および大顎の外枝のため浮遊性に劣る。したがって，この型のノープリウスは，底面を這い廻り，変形した鎌状の第2触角および鉤状突起の大顎内枝によって餌を掻き集め，摂餌する型である。準浮遊一油球栄養型（*Euchaeta* 型）は，本質的には *Calanus* 型であるが，各付属肢が未発達であり，長い尾触毛を持つ。また，これは体内に油球などの栄養物質を多量に持ち，運動性および摂餌機能に劣る型である。擬浮遊一油球栄養型（*Caligus* 型）は，形態が孵化時のままの基本型であり，体内に多量の栄養物質を持つ型である。これは寄生生態の中において退化し，省略の過程にみられる浮遊期の生態と考えられる。以上の生態特性は固定的でなく，環境要素の変化に応じてある程度の変質がみられる。更に，橈脚類ノープリウスには基本型を変質した多様な運動および摂餌生態がみられる。

浮遊し，摂餌する機能を持つのは Calanoida であり，濾過摂餌のために最も適応したのが *Calanus* 型である。その変型の *Eucalanus* 型は濾過摂餌より動物食の性質を持ち始めている。これに類似の形態は Heterarthrandria 族の *Pontellopsis* にもみられ，動物食の性質が強い。Calanoida の主要な口器である大顎は，ノープリウス期と成体では大きな形態の差がなく，その機能差も少ないとみられる。

Cyclopoida ノープリウスの体形は，単純な卵型が多く，遊泳力の点では Calanoida ノープリウスに劣る。しかし，大顎は，熊手状の内枝を持ち，餌を摑む機能があり，動物食の性質を示す。しかし，成体では大顎は本来の食物の咀しゃく器官に変化する。

Harpacticoida ノープリウスの体形は，偏平な円盤状で，這い廻る生活に適応している。大顎，内枝および外枝が変化しており，餌をかき集め，また，噛じり採る機能がある。外枝の長い刺毛は対象物を探知する触毛の働きをする。Cyclopoida 同様，成体の大顎は本来の食物咀しゃく器官に変化する。

以上のように Calanoida ノープリウスは成体に連続した線上の同一範ちゅうの運動および摂餌生態を示す。Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスはコペポダイト期および成体とは不連続な生態を示す。寄生種のノープリウスは，その成体の寄生生活の単なる場の拡大のために現われた寄生の準備期である。

## 第4章　種特性と検索

橈脚類は，水域に広く出現し，その環境に適応して繁殖する。その幼生は，甲殻類の中においては早い発育段階であるノープリウスとして孵化する。ノープリウスは，水中生活のために機能的な諸器官を持ち，環境に適応した様々な形態および生態を示す。ノープリウスの形態については，北部九州沿岸に出現する種を中心に種別形態を明らかにし，既知種と比較検討し，分類を体系づけた。6期を経過するノープリウスは，初期から種の形態的特徴を示すが，それは必ずしも明確ではない。そのため，この分類は，種特徴が明らかになる後期ノープリウスの体形，尾部保護装置，付属肢などの形態特性に基づいて行った。ノープリウス間の形態の差がない近縁の種類，また，その形態の差が付属肢の刺毛数などの僅かな差に過ぎない種類は，便法として体長，体色などによって分類した。しかし，これは必ずしも適正な分類ではなく，今後の課題である。

橈脚類の分類は，成体の第1触角および第5脚にみられる第2次性的特徴，特に，雄にみられる雌把握器の形態特徴による。そのため第2次性徴が現われないノープリウスの分類には成体の分類基準は該当しない。しかし，第2次性徴によって分類された成体のグループについてみると，それらのノープリウスにも同一グループとしての形態的特徴がある。第2次性的特徴によってまとめられたグループの中には例外的性徴の種も含まれている。例えば，Calanoida の Amphascandria に属す *Megacalanus longicornis* Sars および *Bathycalanus Richardi* Sars の雄はHeterarthrandria の雄の形態的特徴を持つ（田中，1957)。これらをノープリウス第1下顎の発育様式によって Amphascandria に包括すればその矛盾がないと考える。しかし，Heterarthrandria に属す *Acartia* ノープリウスの第1下顎の発育様式は，このグループの中では例外的な発育であり，新たな矛盾がもたらされる。このような数例の例外を除外すれば従来の成体の形態特徴によって分類されたグループは，そのノープリウスの形態特徴によって分類されるグループに適合している。

甲殻類の中における橈脚類の分類上の位置については研究者によって差がみられる。無脊椎動物の中で橈脚類について記述した Barnes (1968) などは，橈脚類を甲殻類の1亜綱とし，Calanoida などについては目として位置付けており，伊藤（1966）もこの基準によって橈脚類を分類している。Giesbrecht (1892)，Wilson (1932)，田中（1957）などの橈脚類研究者は，橈脚類を甲殻類の1目とし，Calanoida などについては亜目の単位で分類している。本論では，橈脚類を甲殻類の1亜綱とし，その中の Calanoida などは目の基準において分類した。この分類基準に従って，ノープリウスをその形態特性からグループ分けした。

次に，九州北西部水域において得られたノープリウスを例挙する。

Sub-class COPEPODA

Order CALANOIDA

Tribe Amphascandria

Family CALANIDAE

*Calanus sinicus* BRODSKY

*Undinula vulgaris* (DANA)

Family EUCALANIDAE

*Eucalanus attenuatus* (DANA)

*E. bungii* var. *californicus* JOHNSON

*E. crassus* GIESBRECHT

*E. pileatus* GIESBRECHT

*Rhincalanus cornutus* DANA

*R. nasutus* GIESBRECHT

Family PARACALANIDAE

*Paracalanus aculeatus* GIESBRECHT

*P. parvus* (CLAUS)

*Acrocalanus gibber* GIESBRECHT

*A. gracilis* GIESBRECHT

Family EUCHAETIDAE

*Pareuchaeta russelli* (FARRAN)

Tribe Heterarthrandria

Family CENTROPAGIDAE

*Centropages abdominalis* SATO

*C. furcatus* (DANA)

*C. yamadai* MORI

*Sinocalanus tenellus* (KIKUCHI)

Family PSEUDODIAPTOMIDAE

*Pseudodiaptomus marinus* SATO

Family TEMORIDAE

*Temora turbinata* (DANA)

*Eurytemora pacifica* SATO

Family PONTELLIDAE

*Labidocera acuta* (DANA)

*Pontellopsis yamadae* MORI

Family ACARTIIDAE

*Acartia clausi* GIESBRECHT

*A. erythraea* GIEBSRECHT

Family TORTANIDAE

*Tortanus forcipatus* (GIESBRECHT)

Order HARPACTICOIDA

Family LONGIPEDIIDAE

*Longipedia brevispinosa* GURNEY

*L. weberi* A. SCOTT

Family ECTINOSOMIDAE

*Microsetella norvegica* (BOECK)

Family HARPACTICIDAE

*Tigriopus japonicus* MORI

Family TISBIDAE

*Tisbe furcata* (BAIRD)

Family TACHIDIIDAE

*Euterpina acutifrons* (DANA)

Order CYCLOPOIDA

Family OITHONIDAE

*Oithona brevicornis* GIESBRECHT

Family ONCAEIDAE

*Oncaea venusta* PHILIPPI

Family CORYCAEIDAE

*Corycaeus affinis* McMURRICH

*C. pacificus* F. DAHL

*C. speciosus* DANA

## 4・1 種特性

Calanoida 目ノープリウスは非常に変化のある形態を示すが，その主な形態は卵型ないし西洋梨型である。*Calanus* 型ノープリウスの腹部は甲殻から明確に分離し，背腹に屈曲する。*Eucalanus*

および *Pontella* ノープリウスは，伸長した体形を示す。Calanoida ノープリウスは，*Calanus* 型を除いた Amphascandria 族が左側より右側が長い非対称尾部装置を持ち，反対に，Heterarthrandria 族が右側より左側が長い非対称尾部保護装置を持つ特徴がある。後期ノープリウスにおいて大顎底節に出現する有歯突起もまたその特徴である。

Cyclopoida 目ノープリウスは，卵円型であり，大顎の円側に3～4本の強い咀しゃく刺毛を持つ。しかし，第2触角および大顎の底節には歯を持つ突起がない。

Harpacticoida 目の多くのノープリウスは，偏平な卵円型であり，対称な尾部保護装置を持つ。メタノープリウスには第2触角底節に歯を持つ突起がある。しかし，*Longipedia* 型のノープリウスは，外観が卵型ないし西洋梨型であり，後端に1本の中央尾棘を持つ。

寄生性橈脚類の多くのノープリウスは卵円型であり，第1触角は2節である。しかし，*Monstrilloida*ノープリウスの第1触角は3節である。その大顎は1本の強い鉤に変化している。

このような様々な橈脚類ノープリウスの種特性の体系化のため，九州北西部水域に出現する橈脚類ノープリウスを飼育し，その成長および種特性を研究した。更に，これらの種の形態特性を Table 2 に整理した。

### 4・1・1　Calanoida目

Calanoida 目ノープリウスは橈脚類の中でも非常に変化に富むノープリウスである。その体形には卵型，細長い紡錘型，更に，体後部が分離し腹側に屈曲した形態および体後部が伸長したオタマジャクシ型などがある。また，尾部保護装置には，左右対称のものより非対称のものが多い。後期ノープリウスには，歯を持つ咀しゃく突起が大顎底節に出現する。第1下顎は後期ノープリウスでは比較的発達した付属肢になる。

(A)　対称尾部保護装置型

1　腹部屈曲型（*Calanus* 型）

ノープリウスの体形は卵円型ないし西洋梨型である。体前部は丸く，甲殻から分離した体後部は，後方に突出し，尾刺毛を備える。この体後部は屈折し，背腹屈曲節となる。最終ノープリウス期の尾部保護装置は2本の尾触毛，1対の尾鉤，2対の腹鉤と3対の側鉤からなる。尾端の尾鉤は側縁が鋸歯状となった葉状鉤である。第1触角は，橈状であり，その第2節には3本，端節には先端に4本，背縁に6～8本，更に，腹縁に4本の刺毛がある。第2触角は，底節に弱小な1本の刺毛と強大な2本の刺毛，更に，基節基部に1本の強大な咀しゃく刺毛を持つ。切歯端を持つ大顎底節の咀しゃく突起は第6期に出現する。未分化の第1下顎は第4期に出現する。

*Calanus* 型形態の多数種は属および種特性が少ないが，体長によって3型に大別できる。九州沿岸の *Calanus* 型種は主に中，小型 *Calanus* 型である。

(1)　大型

大型 *Calanus* 型ノープリウス（体長0.2～0.8㎜）は主に冷水域に出現する。*Calanus*

*hyperboreus* (KRφYER) ノープリウスはノルウェー近海から報告され (SφMME, 1934), *Calanus plumchrus* MARUKAWA ノープリウスはカナダのジョージァ海峡深層水から *Calanus tonsus* BRADY として報告されている (CAMPBER, 1934)。

(2) 中型

中型 *Calanus* 型ノープリウス (体長0.1〜0.5㎜) の代表種は北海に分布する *Calanus finmarchicus* (GUNNERUS) および *C. helgolandicus* (CLAUS) ノープリウスである。日本近海にはこれらの近縁種である *Calanus pacificus* BRODSKY および *Calanus sinicus* BRODSKY が出現する。従来, *Calanus helgolandicus* とみられた九州沿岸域の *C. sinicus* のノープリウスは *Calanus finmarchicus* ノープリウスから区別できない。*Calanus finmarchicus* ノープリウスは LEBOUR (1918), および MARSHALL and ORR (1955) によって報告されている。

Calanidae

*Calanus sinicus* BRODSKY (Fig. 13. Table 2-(1))

孵化後のノープリウスの口は大きな上唇の下にある。体前部にあるノープリウス眼は赤褐色である。初期ノープリウスの体形は, ずんぐりした卵円型であるが, 成長とともに伸長する。体後部は腹側に曲った背腹屈曲節になる。

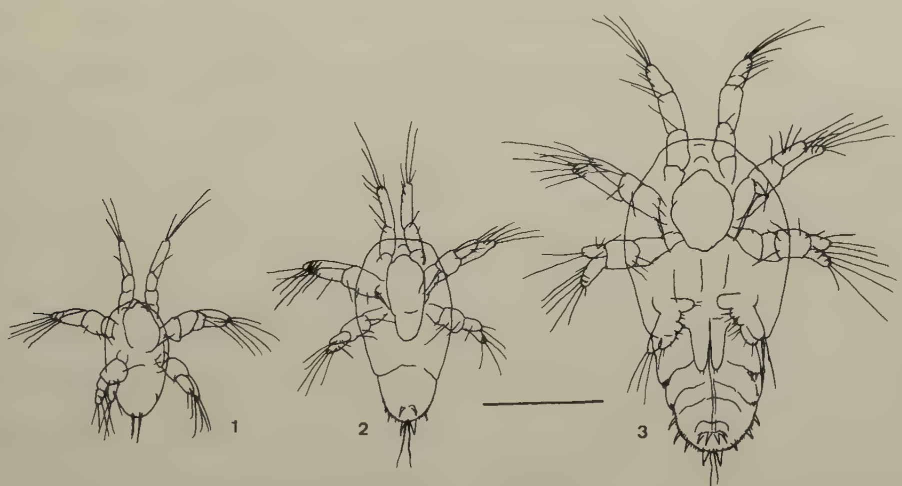



Fig. 13. Nauplii of *Calanus sinicus*. Scale=0.1mm.
1-3: Stage I, Stage III, Stage VI.

*Calanus sinicus* および *Calanus helgolandicus* ノープリウスは *C. finmarchicus* および *C. pacificus* の分布域より南の水域に出現する。*C. sinicus* は九州北西部沿岸水域に春季多数出現する海洋経済上重要な種である。

*Undinula vulgaris* (DANA) (Table 2-(2))

初期，卵円形であるノープリウスは成長にしたがって次第に伸長する。背腹屈曲節である腹部は腹側に屈折している。大きな卵形の上唇には小さな棘が少数存在する。体前方に暗赤色の小さな眼点がある。初期には単純な膨みに過ぎない大顎の咀しゃく器は，後期には3個の歯を持つ曲った突起になる。

*Undinula vulgaris* ノープリウスは，*Calanus finmarchicus* および *C. sinicus* 型であるが，その出現期によってこれらの種類から区別できる。BJÖRNBERG (1972) によって記載された *Calanoides carinatus* (KRφYER) などは当水域に出現しないので混同がない。*Undinula vulgaris* ノープリウスは古賀 (1968)，および BJÖRNBERG (1972) によって報告されている。

(3) 小型

小型 *Calanus* 型ノープリウス (体長，0.05～0.3㎜) には *Paracalanus*, *Acrocalanus*, *Pseudocalanus* などが属している。

Paracalanidae

*Paracalanus* 属

前体部の甲殻は卵型であり，腹部は甲殻から分離する。この体後部は，よく発達した尾部保護装置を持ち，腹側に屈曲した背腹屈曲節である。これは，体が小型であることを除くと，*Calanus* ノープリウスに類似する。また，九州近海に出現する *Paracalanus parvus*, *Paracalanus aculeatus* 両種の形態も類似している。*Paracalanus parvus* ノープリウスについては OBERG (1906), *Paracalanus aculeatus* ノープリウスの第4，第5期については BJÖRNBERG (1972) が報告している。

*Paracalanus parvus* (CLAUS) (Fig. 14)

ノープリウスは，初期，幅広い卵型であるが，発育にしたがって体長が伸長する。これは，*Calanus* のノープリウスのように体前部が丸く，体後部が甲殻から分離し，腹側に屈曲した背腹屈曲節である。本種は，世界の海洋に広く分布し，九州北部でも多数出現する。福岡湾では夏～秋季に本種の単一種が多数増殖する傾向を示す。福岡湾の本種ノープリウスは，小型の *Calanus* 型であるが，更に，その中に大小の2型が混在する。

*Paracalanus aculeatus* GIESBRECHT (Fig. 15. Table 2-(5))

体は幅広い卵型であり，体前部が丸い。体後部は次第に細くなり，その後端に尾部保護装置がある。この突出した体後部は背腹屈曲節である。体色は淡褐色である。体前端には吻が微かに認められる。この吻のやや後方に赤褐色の眼点が存在する。上唇は付属肢に取り囲まれている。著者は本種の飼育によってノープリウス2期をえることができた。本種の第4，第5ノープリウスはブラジルのサントス沖から報告されている (BJÖRNBERG, 1972)。

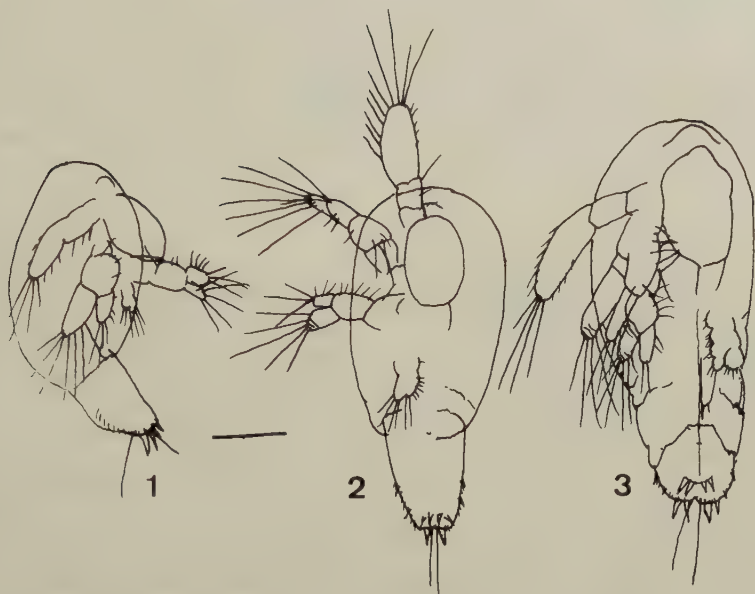



Fig. 14. Nauplii of *Paracalanus parvus*. Scale=0.1mm.
1-3 : Stage IV-VI.

本種は九州北西部水域で８月～10月に出現する小型橈脚類である。

*Acrocalanus* 属

本属は小型種である。体形は幅の広い卵型であり，前端が丸く，尾部保護装置を持つ体後部がやや細くなっている。小さな吻は体前端に認められ，その後方に赤褐色の眼点がある。上唇は付属肢に取り囲まれいる。体後部は腹側に屈曲し，そこに尾部保護装置がある。

本属の *Acrocalanus gibber* および *Acrocalanus gracilis* は８月～10月に九州北部水域に出現する種である。

*Acrocalanus gibber* GIESBRECHT (Fig. 16. Table 2-(6))

第１，第２期のノープリウスが室内で得られた。卵は直径0.07㎜の球型で，赤い顆粒を持つ黄褐色である。第１ノープリウスは0.095㎜の幅の広い卵型である。細くなった体後部は，１対の小さな触毛を備え，背腹屈曲節の特徴を示す。第２ノープリウスは0.12㎜である。１対の長い触刺毛を持つ体後部は体前部から明らかに区別でき，背腹屈曲節の機能を示す。

*Acrocalanus gracilis* GIESBRECHT (Fig. 17. Table 2-(7))

第３，第４期のノープリウスが室内で得られた。体色は赤褐色である。第３ノープリウスの体

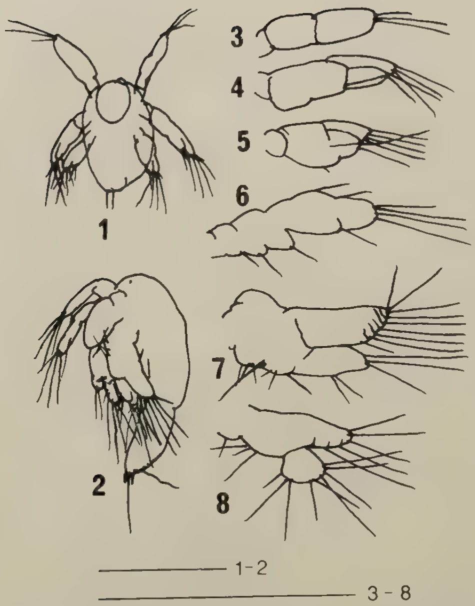



Fig. 15. Nauplii and appendages of *Paracalanus aculeatus*. Scale=0.1mm.
1, 2: 1st and 3rd nauplii; 3, 6: Antennules (Stage I, III); 4, 7: Antennae (Stage I, III); 5, 8: Mandible (Stage I, III).

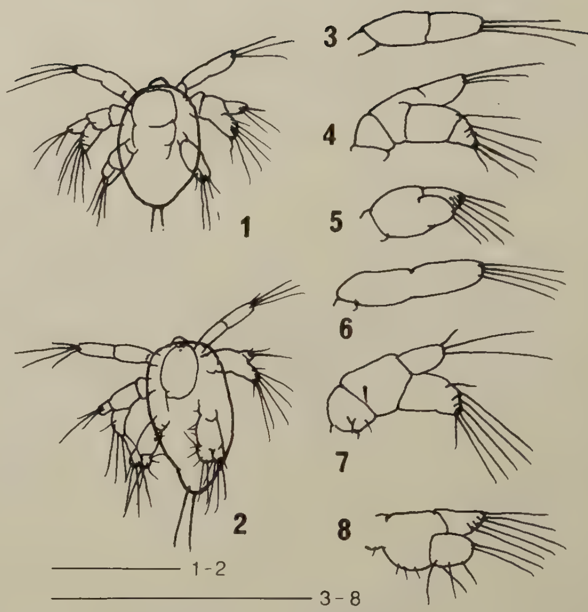



Fig. 16. Nauplii and appendages of *Acrocalanus gibber*. Scale=0.1 mm.
1, 2: 1st and 2nd nauplii; 3, 6: Antennules (Stage I, II); 4, 7: Antennae(Stage I, II; 5, 8: Mandibles (Stage I, II).

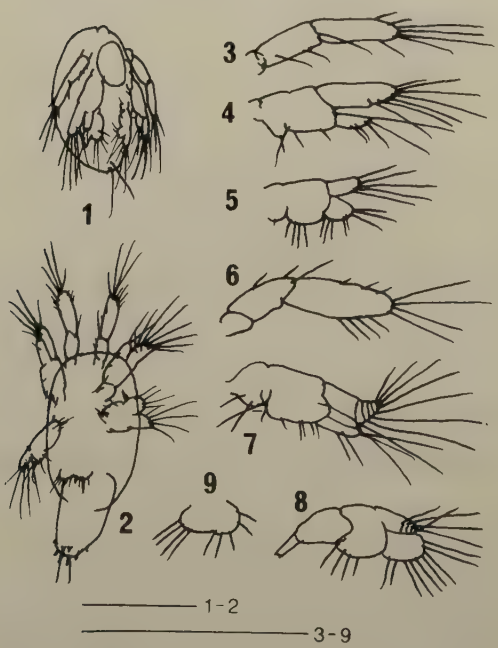



Fig. 17. Nauplii and appendages of *Acrocalanus gracilis*. Scale=0.1 mm.
1, 2: 3rd and 4th nauplii; 3, 6: Antennules (Stage III, IV); 4, 7: Antennae (Stage III, IV); 5, 8: Mandible (Stage III, IV); 9: Maxillule (Stage IV).

長は0.13㎜である。体後部は体前部から明らかに分離した背腹屈曲節であり，そこに1対の触刺毛，尾鉤，腹鉤および小さな側棘がある。第4ノープリウスの体長は0.19㎜である。その体後部に尾部保護装置の3対の側鉤が出現する。

## Pseudocalanidae

体は卵型であり，腹部は体前部から分離している。この体後部は，腹側に屈曲した背腹屈曲節となり，よく発達した尾部保護装置を備えている。本科のノープリウスは *Calanus* および *Paracalanus* ノープリウスに酷似する。Oberg (1906) は *Pseudocalanus minutus* (Krφyer) ノプリウスが*Paracalanus parvus* に類似することを記述している。

以上のように *Calanus* 型ノープリウス

は相互に類似している。このことは，成体においても，分類基準となる種の特徴がコペポダイト期後半の第5脚などに現われる第2次性徴の僅かな差であることからも，理解される。

小型の *Calanus* 型ノープリウスについては，*Paracalanus aculeatus* 以外にも，*Paracalanus crassirostris*, *Calocalanus pavo*, *Clausocalanus furcatus* などが Björnberg (1972) によって，また *Paracalanus crassirostris* が Lawson and Grice(1973) によって報告されている。

2　前端偏平卵型

Acartiidae

体は，前端が偏平，後端が丸い卵型である。腹部は，*Calanus* のように体前部から明らかに分離せず，背腹屈曲節にはなっていない。体後部には多数の粗い棘の列がある。尾部には第1～2期を除くと，2本の柔軟な触角毛，2個の尾鉤と腹鉤からなる対称の尾部保護装置がある。これらの鉤は，*Calanus* のように数個の棘が融合して出来たと考えられ，側縁が鋸歯状になった葉状鉤である。上唇は後部を微細な棘で覆われる。第1触角は *Centropages* のそれに類似する。第2節の腹側に3本の刺毛があり，この中の基部の刺毛は小さく，先端部の刺毛は長い。第2触角は，底節と基節各々に1本の刺毛と1個の強い咀しゃく刺毛を持つ。第2触角の内枝，外枝および大顎は *Centropages* のものに類似する。しかし，*Acartia* では大顎基節に咀しゃく突起が出現しない。第1下顎になる刺毛は，第3期に出現するが，次期には第1下顎の原基に変化する。

*Acartia clausi* Giesbrecht (Fig. 18. Table 2-(17))

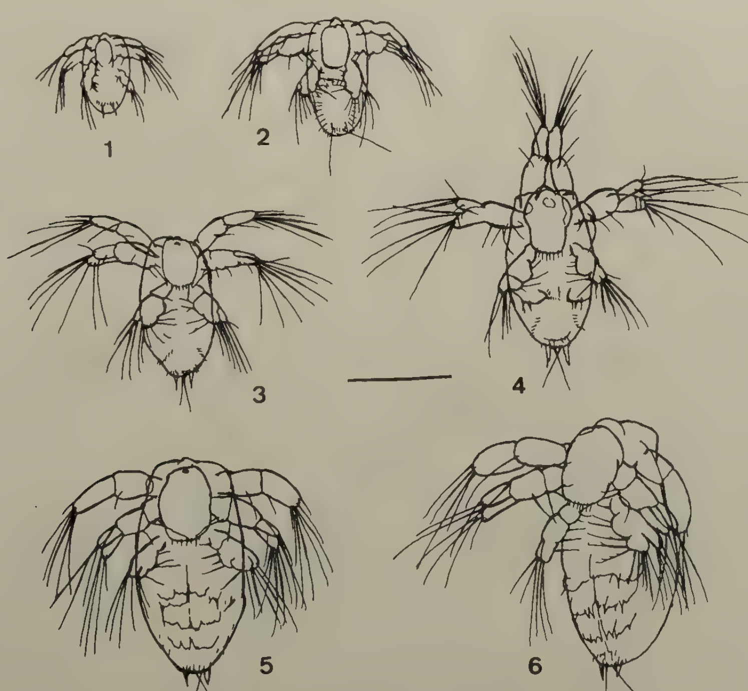



Fig. 18. Nauplii of *Acartia clausi* (after Koga, 1973). Scale=0.1 mm.
1-6: Stage I-VI.

体形は，前端が偏平，後端が丸い卵型である。尾部には *Calanus* 同様に葉状の尾，腹鉤がある。*Acartia clausi* ノープリウスの体後部にある鉤と1列の棘は *Calanus* のそれに比較して大きい。

*Acartia clausi* は，九州北西部沿岸に冬～春に多数出現する。その生活史は実験室で観察できた。類似種の *Acartia tonsa* は日本近海に出現しない種であるが，ZILLIOUX 博士の協力によりマイアミでの観察ができた。CONOVER（1956）による *Acartia clausi* および *Acartia tonsa* の付属肢などの記述は詳細でない。

*Acartia erythraea* GIESBRECHT（Fig. 19, 20. Table 2-(18)）

本種は九州北西部沿岸に夏から秋に多数出現する。体は，前縁が偏平で，後端が丸い卵型であり，BJÖRNBERG（1972）が記載した南部ブラジル沿岸の *Acartia lillijeborgi* の体形に類似する。その付属肢の刺毛は *Acartia clausi* に類似している。*Acartia erythraea* ノープリウスは尾部と上唇の棘および尾鉤が他種に比較して長い特徴がある。

*Acartia bifiilosa* および *Acartia longiremis* ノープリウスは第2触角底節に3本の刺毛を持つ特徴がある（OBERG, 1906）。*Acartia danae* ノープリウスは，*Acartia lillijeborgi* に類似しているが，大きな刺毛を持つ上唇が特異である（BJÖRNBERG, 1972）。*A. lillijeborgi* ノープリウ

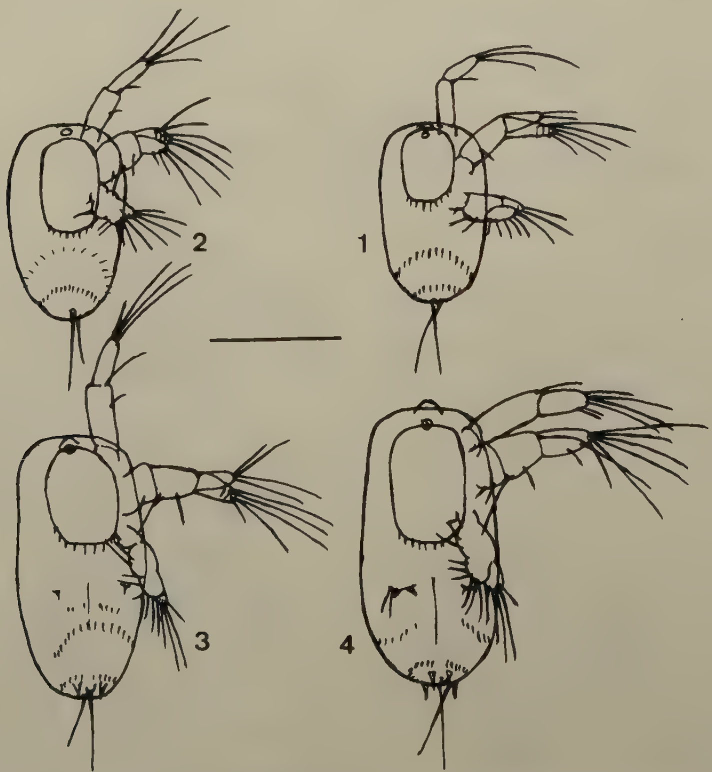



Fig. 19. Nauplii of *Acartia erythraea*. Scale=0.1 mm.
1-4: Stage I-IX.

ス腹部の鉤および1列の棘は *A. bifilosa* のそれより小さい。このノープリウスは透明であり，肛門の周囲に3個の色素粒がある。*A. bifilosa* ノープリウスの腸は餌によって緑色かまたは淡黄色を帯びる，このことは本種が植物食であることを示唆している。*Acartia negligens* ノープリウスは *A. lilljeborgi* のそれに類似するが，しかし，その尾部保護装置は *A. clausi* のものに類似する（Björnberg, 1972)。*Acartia negligens* ノープリウスは，大顎底節基部の特徴的大きな刺毛によって *A. lilljeborgi* および *A. danae* から区別できる。九州近海での主な *Acartia* ノープリウスは *A. clausi* および *A. erythraea* であった。この外，*A. danae*, *A. longiremis*, *A. negligens*, *A. steueri* などのノープリウスの出現が考えられたが採集できなかった。

(B)非対称尾部保護装置型

3　肥大菱卵型

(1)　短尾刺毛型

Eucalanidae（*Eucalanus pileatus* 型）

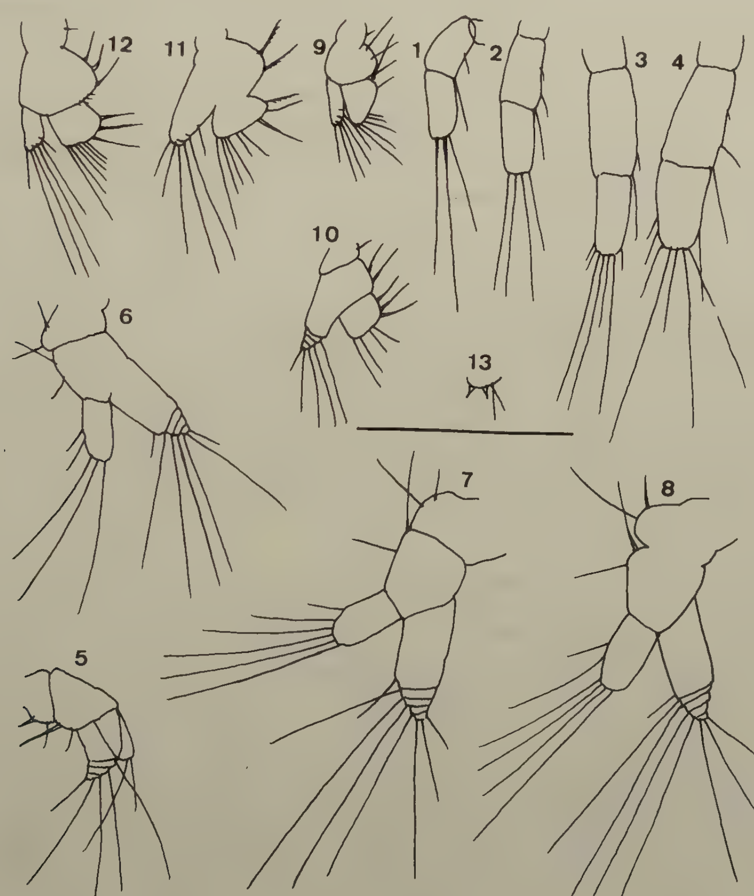



Fig. 20. Appendages of *Acartia erythraea* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-4: Antennules (Stage I-IV); 5-8: Antennae (Stage I-IV);
9-12: Mandibles (Stage I-IV).

体は，肥大した卵型であり，体前端腹側に小さなくちばし状の突起がある。後期ノープリウスでは後端に不規則な裂け目がある。初期ノープリウスの尾部保護装置は，尾部腹側にある2個の小さな尾鉤のみである。後期の尾部には4個の小さな腹鉤，2本の感覚毛と2本の尾刺毛がある。体前端は，僅かに縮まり，幾分突出している。上唇はほとんど四角であり，その後部は毛で覆われている。第1触角は，大きくて長く，*Calanus* のものに類似する。その第1，2節は特に長い。第2触角は，底節に2本の咀しゃく刺毛があり，基節基部に2本の長い刺毛，上部には1本の刺毛と1本の太く長い刺毛がある。大顎には幅広い節がある。内枝の腹側に4本の長い刺毛，外枝には6本の刺毛がある。大顎底節の歯を持つ咀しゃく突起は後期に出現する。未発育の第1下顎は第4期に出現する。

*Eucalanus attenuatus* (DANA)

体は，太い長卵形であり，前端部がほぼ三角形になっている。体前部の小さなくちばし状突起，尾部の不規則な切れ込みおよび尾部保護装置は *Eucalanus pileatus* 形態に類似する。第1触角は大きなへら状である。第2触角の底節上部に1本の刺毛がみられる。また，大顎の内枝内側に4本の長い刺毛がみられる。このような付属肢の節と刺毛の構造は *E. pileatus* のそれに極めて類似する。

本種は，九州北西部沖合水域に出現し，第2，3期のノープリウスが室内飼育で得られた。暖かい大西洋の大陸棚水域から *E. attenuatus* ノープリウスの6期が報告されている (BJÖRNBERG, 1967, 1970)。

*Eucalanus crassus* GIESBRECHT (Fig. 21-1)

本種のノープリウスは大型で，特に肥大した丸味のある菱型の体形を示す。一般に，ノープリウスは小型のため目の粗い動物プランクトン用ネット（目合0.33㎜）では採集されない。しかし，本種のノープリウスは大型のため九州北西部沖合では動物プランクトン用ネットでしばしば採集される。出現期は10～12月である。

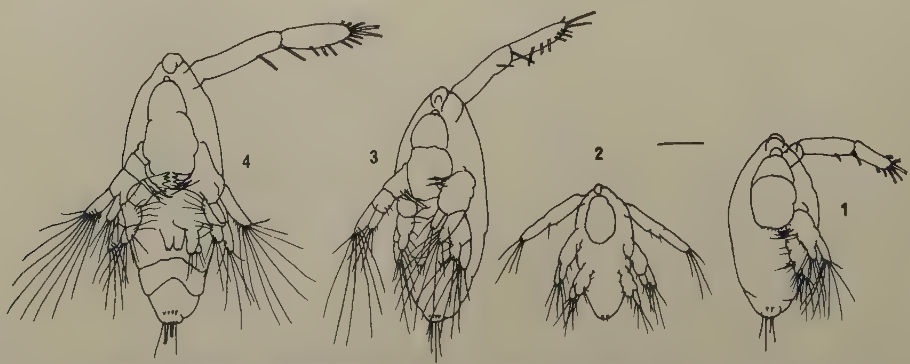



Fig. 21. Nauplii of *Eucalanus*. Scale=0.1 mm.
1: *Eucalanus crassus* (Stage III); 2-4: *Eucalanus pileatus* (Stage II, V, VI).

体前部には *Eucalanus* の特徴である小さなくちばし状突起，また，尾部には不規則な切れ込みが確認される。第1触角は大きなへら状である。第2触角底節上部の強い刺毛および大顎の構造も *Eucalanus pileatus* 形態に類似する。本種は，肥大体形によって他 *Eucalanus* のノープリウスから容易に識別される。本種のノープリウスは BJÖRNBERG (1970) によって大西洋から最初に報告された。

*Eucalanus pileatus* GIESBRECHT (Fig. 21-2～4. Table 2-(3))

第1期ノープリウスは卵型であり，その付属肢の刺毛は少ない。後期ノープリウスは，体長が伸び，体の前，後端がやや締った太い長卵型となる。体前端下部に小さなくちばし状の突起がある。尾部保護装置を持つ後端には不規則な切れ込みがみられる。第1，第2期の尾部保護装置は尾端腹側にある1対の小さな鉤のみである。後期ノープリウスには4個の小さな腹鉤，2本の尾触角，更に，2本の尾刺毛がみられる。各付属肢は，先端部が淡いうす桃色また橙色を帯び，強い刺毛がある。第1触角はへら状の大きな付属肢である。第2触角底節上部に1本の大きな刺毛がある。外枝の第2節は大きいが，他の節は小さい。大顎内枝内縁に4本の刺毛がある。外枝第1節は大きく，他の節は小さい。第1下顎は第4期に数本の刺毛の原基として出現する。

*E. pileatus* は九州北西部沖合には普通に出現する種であり，このノープリウスは BJÖRNBERG (1967) によってカリブ海から最初に報告されている。

(2) 長尾刺毛型

Euchaetidae

初期，ノープリウスは典型的な卵型であるが，成長とともに体形は伸長し，第6期には楕円型になる。体前端は僅かに突起し，そこに小さな吻がある。体後端は，丸いが，しかし，後期ノープリウスでは複雑なひだがみられる。第2期に1対の尾触角が出現し，第6期まで存在する。第6期には，この外2対の短い触毛が出現する。これらの触毛には微細な棘毛は存在しない。体は，種々の大きさの赤い油球のため腹部が赤味を帯びる。この腹部は体前部から分離していない。

*Pareuchaeta russelli* (FARRAN) (Fig. 22. Table 2-(8))

第1期　ノープリウスは，ずんぐりした卵型であり，前端がやや突出し，後端は丸い。この体後端には感覚毛がない。第3期までは丸い卵型であるが，第4期以後は体後部が伸長し，楕円型になる。腹部は体前部から明確には区別できない。その腹部にある赤い種々の大きさの油球はノープリウスに赤味を与えている。小さな吻は第3期に出現する。付属肢は体に比較して小さい。この付属肢に取り囲まれて上唇がある。1対の尾部触毛は第2期の体後端に出現する。この触毛は体長より僅かに長い。第6期ノープリウスには新しい1対の短い触毛が出現する。*Pareuchaeta russelli* ノープリウスは *Euchaeta norvegica*, *Euchaeta marina*, *Pareuchaeta elongata* ノプリウスに類似するが，尾部の触毛によって識別される。

*Euchaeta norvegica* ノープリウスおよび第1コペポダイト期は NICHOLLS (1934) によって報

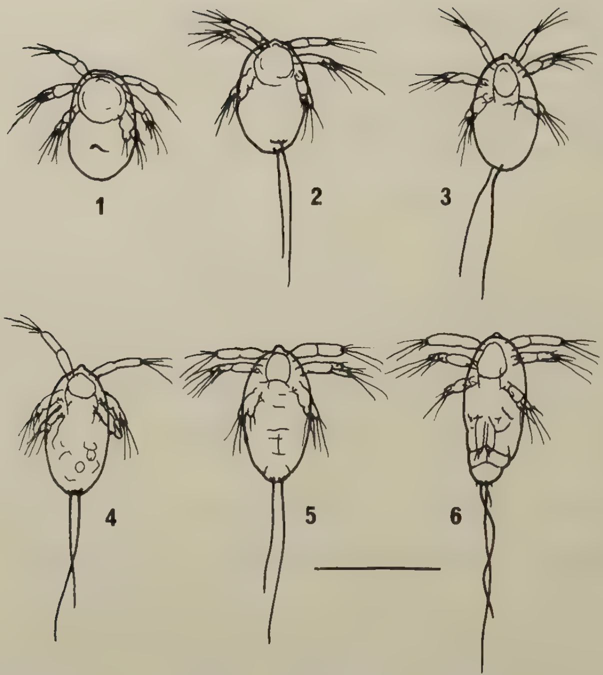



Fig. 22. Nauplii of *Pareuchaeta russelli* (after Koga, 1966). Scale=0.5 mm.
1-6 : Stage I-VI.

告されている。Campbell (1934) は，*Pareuchaeta elongata* を *Euchaeta japonica* として，そのノープリウスを記載した。Bernard (1965) は *Euchaeta marina* のノープリウスを報告している。

*Pareuchaeta russelli* は日本近海に普通に出現し，九州北西部沖では秋から冬にかけて多数出する。本種のノープリウスは古賀（1960）によって報告された。*Euchaeta marina*, *Pareuchaeta elongata* は，九州近海にも出現するが，そのノープリウスは得られなかった。

4　両生類幼生型（細長後体部分離型）

(1)　長甲殻型（強大尾刺毛型）

*Sinocalanus* 属

*Sinocalanus* は Centropagidae に属しており，そのノープリウスもまたこの科の特徴を示す。体は，*Temora* ノープリウスのように前縁が丸く，体後部が次第に細くなったオタマジャクシ型である。体後部は付属肢を持つ体前部より分離しているが，*Calanus* ノープリウスのように腹側に屈曲していない。付属肢は *Calanus* のそれに類似す。第1下顎になる1本の刺毛は第3期に現われる。体後端に不等の長く強い尾棘があり，左刺毛は右刺毛より長い。

*Sinocalanus tenellus* (Kikuchi) (Fig. 23, 24. Table 2-(11))

体はオタマジャクシ型であるが，第6期には紡錘型になる。付属肢の節と刺毛数は *Calanus* ノ




Fig. 23. Nauplii of *Sinocalanus tenellus*. Scale=0.1 mm.
1-6 : Stage I-VI ; 7 : Caudal armature (Stage VI).

ープリウスのそれらに類似する。尾端に強大な左尾棘がある。この尾棘は LINQUIST (1959)が報告した *Limnocalanus grimaldii* (DE GUERNE) のそれより短い。

本種は北部九州の淡水および汽水湖に冬～初夏にかけて多数出現する。本種のノープリウスは松平 (1957) によって最初に報告されている。

(2) 短甲殻型

Temoridae

*Temora* 属

ノープリウスの体形はオタマジャクシ型であり，体前端は丸く，体後部は次第に細くなっている。体後部は，体前部から分離しているが，*Calanus* ノープリウスのように屈曲していない。上唇は微細な棘で覆われている。付属肢の形態は *Calanus* のものに類似する。第1下顎は1本の腹部刺毛として第3期に出現するが，後期には多数の刺毛を持つ付属肢に発育する。体後端にある強大な1対の尾棘が対称である種および左側尾棘が右のものより長い非対称な種もみられる。この尾棘のほか，後期ノープリウス後体部には2対の腹鉤および2～3対の側鉤が出現する。このような *Temora* ノープリウスの体後部構造は *Calanus* 型の非対称型変型である。しかし，側鉤は第5期には *Calanus* 型のように3対であるが，第6期には再び2対に減少している。*Temora* 型の尾部保護装置を持つ *Sinocalanus* ノープリウスは，第6期においても側鉤が3対であり，更に，甲殻長が甲殻幅の1.5倍以上であり，この比が1.4倍以下の *Temora* ノープリ

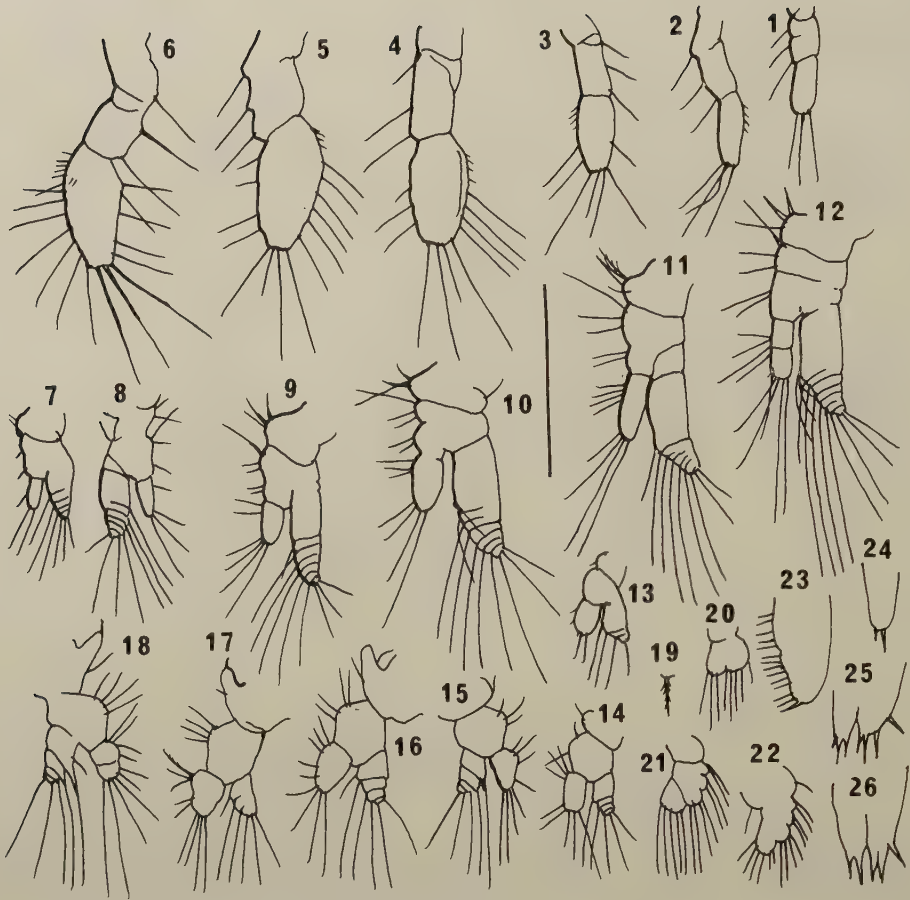



Fig. 24. Appendages of *Sinocalanus tenellus* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-6: Antennules (Stage I-VI); 7-12: Antennae (Stage I-VI); 13-18: Mandibles (Stage I-VI); 19-22: Maxillules (Stage III-VI); 23: Maxilla (Stage VI); 24: Maxillipede (Stage VI); 25, 26: 1st and 2nd swimming feet (Stage VI).

ウスから識別される。

*Temora turbinata* (Dana) (Fig. 25. Table 2-⑿)

本種のノープリウスは九州北西部の沿岸水中に，特に，秋期に多数出現する。体はオタマジャクシ型である。甲殻から分離した体後部は伸長し，その尾端に非対称な1対の強大な尾棘を備えている。体色は淡緑色である。付属肢の構造および刺毛数は *Calanus* の付属肢に類似している。この *T. turbinata* ノープリウスについては Björnberg (1972) が南米キュラソーの内湾から第4期および第6期？を報告し，更に研究中である。

Oberg (1906) が報告した *Temora longicornis* ノープリウスは，*T. turbinata* のもの同様に体長より短い非対称尾部保護装置を持つが，その尾棘が *T. turbinata* のものより長いことで識別される。

*Temora stylifera* ノープリウスについては Gaudy (1961) が第2〜第6期を， Björnberg

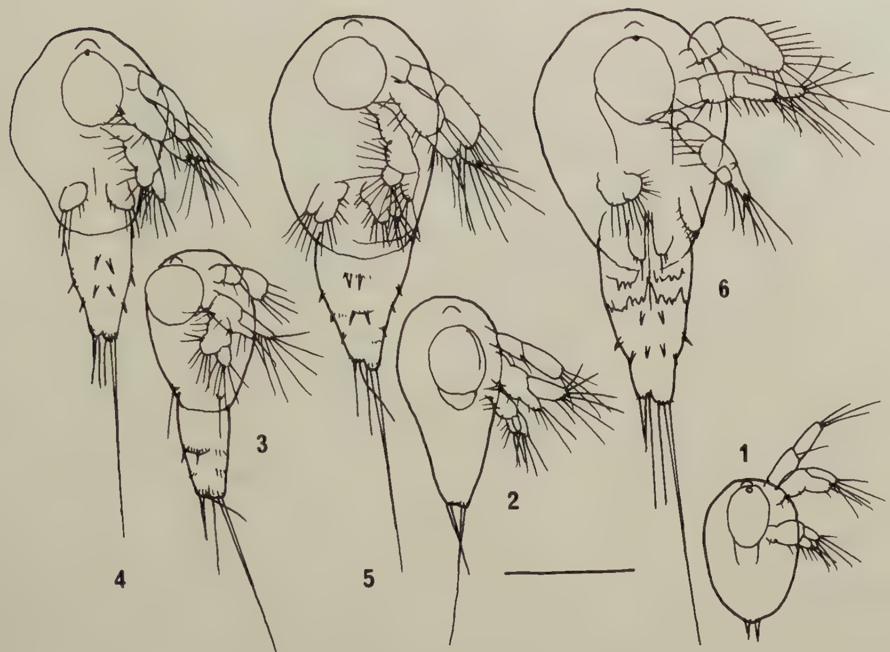



Fig. 25. Nauplii of *Temora turbinata*. Scale=0.1 mm.
1-6 : Stage I-VI.

(1972) が第5期のみを報告している。このノープリウスは，尾端に存在する1対の強大な尾棘が対称で，体長と等長であり，*T. turbinata* および *T. longicornis* ノープリウスから識別される。

5　長卵型（後・背尾刺毛型）

(1)　腹鉤型（*Centropages* 型）

Centropagidae

体は，前端が丸く，体後部が細くなった長卵型である。ノープリウス眼は，大きく，吻の基部に存在する。丸い五角形をした上唇の平端な後縁に小さな棘がみられる。腹部は，*Calanus* 型と異なり明確な区別が出来ない。尾端中央やや左側の刺毛は後方に伸び，その右背方に位置する刺毛は背方に伸びる。1対の尾鉤は，対称であるが，*Centropages typicus* ノープリウスでは非対称である。第1触角は橈状で，比較的長く，*Calanus* 型に類似する。しかし，その端節腹縁には1刺毛のみであり，*Calanus* 型の触角と識別される。第2触角と大顎の節および刺毛の形状は *Calanus* のものに類似する。第1下顎は，第3期において単一の刺毛として出現する。

*Centropages abdominalis* Sato (Fig. 26. Table 2-(9))

本種は九州北部沿岸域および内湾では冬季多数出現する。体は長卵型であり，前端が丸い。体後部は，次第に細くなり，淡い赤褐色を帯びる。暗赤色のノープリウス眼は，比較的大きく，体前

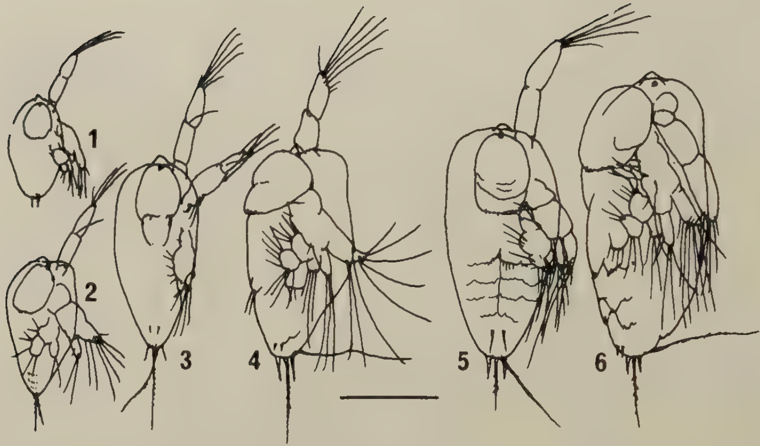



Fig. 26. Nauplii of *Centropages abdominalis* (after KOGA , 1960). Scale=0.1 mm.
1-6 : Stage I-VI.

端の吻の基部にある。本種のノープリウスは，古賀（1960）によって報告され，形態は OBERG（1906）が報告した *Centropages hamatus* ノープリウスに類似している。これらのノープリウス尾端の 1 対の鉤は対称である。

*Centropages furcatus* (DANA)

本種は九州西部の水域では秋季多数出現する種である。室内で本種を飼育し，卵のみを得た（**Fig. 11-16**)。この卵からノープリウスは得られず，ここでの記述は採集ノープリウスによる観察の結果である。なお，BJÖRNBERG（1972）は，本種をブラジル沖から採集し，室内飼育で得たノープリウスを報告している。

ノープリウスは肥大したやや長い卵型の体形である。丸い体前端はやや締っている。体後部は次第に細くなり，尾端に長い 2 本の刺毛，更に，1 対の小さな鉤がある。この外，後期ノープリウスには 1 対の側鉤および 2 対の腹鉤がある。これらの尾部鉤は非常に小さい。吻は比較的大きく体前端にある。上唇は矩形状の卵型であり，平端な後縁には多数の小さな棘がみられる。付属肢の形態は，他の *Centropages* のものに類似する。しかし，この種の第 1，第 2 触角にある数本の刺毛は比較的に長い。

*Centropages yamadai* MORI (Fig. 27. Table 2-⑽)

本種は，九州北西部沿岸域では普通種であり，*Centropages abdominalis* と異なり夏に多数出現する。体は，前端が丸く，体後部が細くなった長卵形である。体前端にある吻は比較的大きく，その基部に赤褐色の眼点がある。体前部腹側にある上唇はその後縁部を小さな棘で覆われている。ノープリウスは大顎の内，外枝，更に，体後部が淡褐色を呈している。尾端の 1 対の鉤は対称である。

本種は，*Centropages abdominalis*, *Centropages hamatus* に類似するが，体色および出現期




Fig. 27. Nauplii of *Centropages yamadai* (after KOGA , 1970). Scale=0.1 mm.
1 : Stage I ; 2, 3 : Stage II (ventral and lateral view) ; 4 : Stage III ;
5 : Stage IV.

よって他種から区別される。LAUSON and GRICE（1969）が記載した *Centropages typicus* のノープリウスは尾端の左右にある非対称な1対の尾鉤によって他種とは識別される。このほか，*Centropages* には黒海から *Centropages krφyeri* ノープリウスが報告されているが，本種は日本近海には出現せず，種類間の混同は起こり得ない。

(2) 無腹鉤型

i) 橈状触角型

Temoridae

*Eurytemora* 属

Temoridae に属す *Eurytemora* ノープリウスはこの科の特性を示す。この属のノープリウスには6期があり，卵型の第1期を除いた体形は伸長した卵型を示す。細くなった体後部は，甲殻より分離せず，*Calanus* 型のように腹側へ屈曲していない。尾部保護装置は，非対称であり，左の器官が右のものより長い。第1触角は，*Calanus* 型同様に成長に従って発育するが，*Eurytemora* では第5期以後は発育しない。大顎の有歯咀しゃく突起は第4期に出現する。第1下顎は，第3期に刺毛として出現する。第1，第2遊泳脚は第5期に腹部体腔内に数本の刺毛を持つ脚芽としてみられる。第6期に体表面に出現する。

*Eurytemora pacifica* SATO (Fig. 28, 29. Table 2-⒀)

体は，前縁が丸く，体後部が次第に細くなった長卵型である。尾部保護装置は4～6本であり，左側尾棘が比較的に長い。腹部には刺毛がみられない。

本種は佐藤（1913）によって北海道の沿岸水中から最初に報告された冷水系種である。しかし，本種は九州北部でも福岡湾の河口域に冬季多数出現するため，本種を採集飼育することができた。千葉（1956）は，下関港において採集した本種の発育を報告している。本種以外の *Eurytemora* ノープリウスについては *Eurytemora hirundoides* を DAVIS（1943）が，また，*Eurytemora*

*herdomani* を Johnson (1966) が報告している。これらのノープリウスは，*Eurytemora parifica* のそれに類似しているが，左側尾棘の1本が *Eurytemora pacifica* のそれより短い。*Eurytemora hirundoides* ノープリウスは，大顎内枝の端部と準端部に各2本の刺毛を持つため，大顎内枝に4本の端部刺毛と2本の準端刺毛を持つ *Eurytemora herdomani* ノープリウスから識別される。

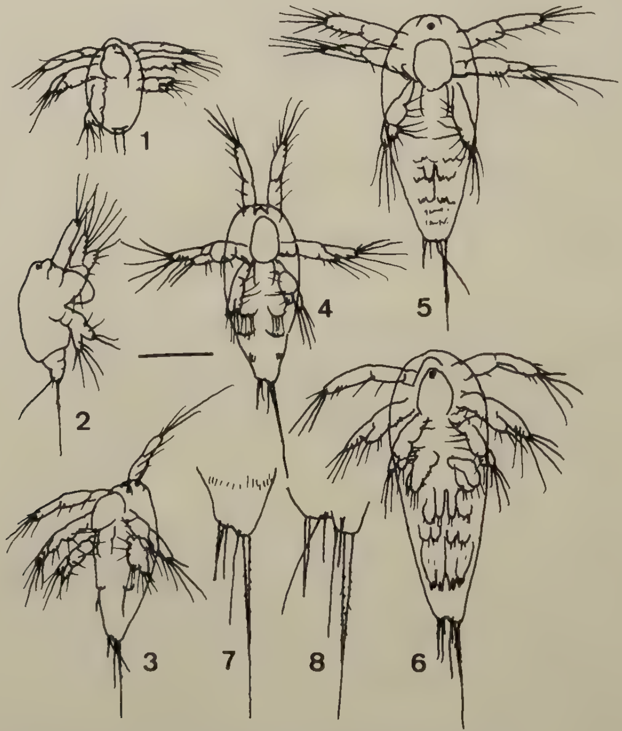



Fig. 28. Nauplii of *Eurytemora pacifica*. Scale = 0.1 mm.
1-6 : 1st-6th nauplii ; 7, 8 : Caudal armature of Stage V, VI.

ii)　羽状触角型（*Pseudodiaptomus* 型）

Pseudodiaptomidae

*Pseudodiaptomus* 属

ノープリウスの体形は，前端が丸く，後端が次第に細くなった卵型であり，*Centropages* の体形に類似する。腹部は，甲殻から分離せず，*Calanus* 型ノープリウスと異なり，腹側に屈曲していない。体前端の吻は比較的大きい。小さなノープリウス眼は赤褐色である。上唇は卵型であり，その腹側が多数の小棘で覆われている。第1触角は多数の棘毛を持つ翼状である。第2触角と大顎は *Calanus* のそれに類似する。大顎基節の咀しゃく突起は第5期に出現する。尾部保護装置として尾端中央の左側に強い尾棘と数本の短い刺毛があり，そのやや背方には長い毛状の1本の刺毛がある。第1下顎は，*Pseudodiaptomus marinus* には第3期，*Pseudodiaptomus coronatus* および *Pseudodiaptomus euryhalinus* には第2期に1本の刺毛として出現する。Johnson (1948)

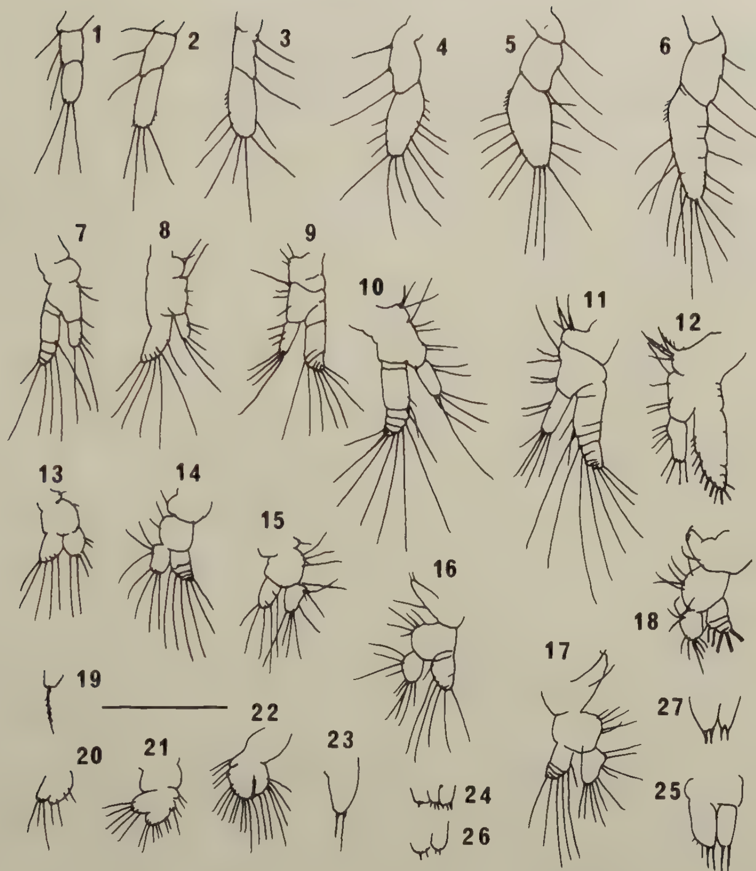



Fig. 29. Appendages of *Eurytemora pacifica* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-6: Antennules (Stage I-VI); 7-12: Antennae (Stage I-VI); 13-18: Mandibles (Stage I-VI); 19-22: Maxillules (Stage IV-VI); 23: Maxillipede (Stage VI); 24-25: 1st swimming feet (Stage V, VI); 26-27: 2nd swimming feet (Stage V, VI).

による *Pseudodiaptomus coronatus* は第2期ノープリウスとして孵化し，その発育段階は5期と考えられた。しかし，上・遠部（1975）は *Pseudodiaptomus marinus* によって2～4分間で通過する第1期を観察し，報告した。このため *Pseudodiaptomus* のノープリウス期について再検討する必要がある。

*Pseudodiaptomus marinus* SATO (Fig. 30. Table 2-⒁)

体は，前端が丸く，体後部が細くなった型である。体後端のほぼ中央に，後方に伸びた1本の強い尾棘があり，その右側背後に背方に伸びた触刺毛がある。この刺毛はノープリウス後期では先端が二叉になることがある。他の鉤状の刺毛は小さい。第1触角端節は丸く平たいうちわ状であり，*Pseudodiaptomus euryhalinus* のそれに類似する。その先端に3本の棘毛と1本の感覚毛があり，背腹縁の刺毛数は *Calanus* のそれと同一である。

本種は九州北部沿岸では春～秋季に出現する沿岸種である。著者は，第2～6期ノープリウス

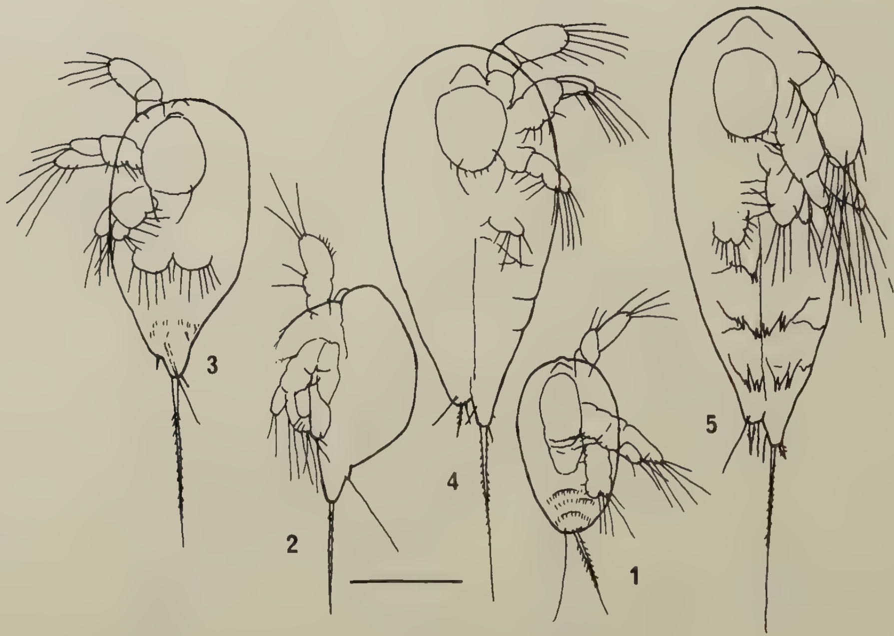



Fig. 30. Nauplii of *Pseudodiaptomus marinus*. Scale=0.1 mm.
1-5 : Stage II-VI.

を観察したが，第1期が観察できなかった。本種以外の *Pseudodiaptomus* ノープリウスについて GRICE (1968) はウッズ・ホール沿岸の *Pseudodiaptomus coronatus*, JOHNSON (1948) はカリフォルニア沿岸の *Pseudodiaptomus euryhalinus*, BJÖRNBERG (1972) はブラジル沿岸の *Pseudodiaptomus acutus* を報告した。旧大陸では，UMMERKUTTY (1964) は印度のマナール湾の *Pseudodiaptomus aurivilli*, ALVAREZ and KEWALMANI (1969) はボンベイ近効のタナ運河の *Pseudodiaptomus ardjuna* を報告した。これらの中で，*Pseudodiaptomus marinus* の体後端の触刺毛は強大な尾棘のやや背方にあり，この特徴によって他のノープリウスから識別される。

6　五角卵型（*Tortanus* 型）

*Tortanus* 属

体は前端が平旦かまたはやや角ばっており，体両端が広く膨み，体後端が細くなった形態である。しかし，第1期ノープリウスは典型的な卵型である。大きく広い上唇は，ハート型で前端が狭く，後端がへこんでいる。この後端は第1期以外では弱い刺毛を小数個備えている。体後部は，*Calanus* 型と異なって屈曲せず，むしろ，真っすぐである。尾部の刺毛や尾棘は，非対称であり，右側のものが左側のものより長い。第1触角はへら状である。その第2節には長い1本の刺毛，更に，端節には3～4本の長い刺毛がある。第2触角の底節と基節には1本の強い咀しゃく刺毛があり，内，外枝には数本の長い刺毛がある。大顎の内枝には1本の強い咀しゃく刺毛があり，外枝は比較的に小さい。他の Calanoida ノープリウスにみられる大顎底節の歯を持つ咀しゃく突起は *Tortanus* では出現しない。第1下顎は第3期に1対の刺毛として腹部に出現する。

*Tortanus forcipatus* (GIESBRECHT) (Fig. 31. Table 1-⒆)

体は丸い五角卵形である。体前端は広く平旦かやや丸味がある。僅かに突出した体後部尾端には *Eurytemora* に類似した尾部保護装置があり，それは後期ノープリウスでは1対の非対称な尾棘，尾刺毛，および腹鉤である。このノープリウスは第1触角端部，第2触角の内外枝，更に，大顎の内枝が褐色を帯びる。しかし，体の部分は無色，または非常に淡い黄褐色を帯びている。

本種は，暖水域の沿岸性浮遊種であり，九州北西部沿岸水には9月に多数出現する。JOHNSON (1934)はワシントン州，フライデェイ港の *Tortanus discaudatus* ノープリウスを報告した。こ

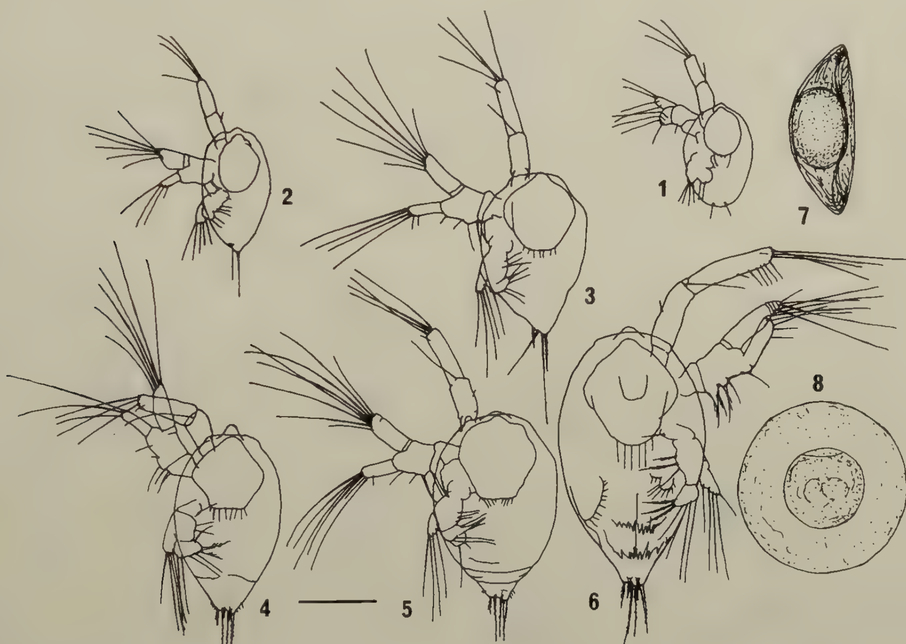



Fig. 31. Nauplii and egg of *Tortanus forcipatus*. Scale=0.1 mm.
1-6: Stage I-VI; 7-8: Egg and case, viewed from side and above.

のノープリウスは比較的に長い第2触角先端部の赤燈色の色素によって容易に識別される。この色素は明白ではないが，大顎にも存在する。*Tortanus forcipatus* ノープリウスはこの体色の外，尾端の長い左尾棘によって *Tortanus discaudatus* から区別できる。両種の卵は鞘が異なる。

7　長身型

(1)　長 *Calanus* 型 (*Eucalanus elongatus* 型)

Eucalanidae

*Eucalanus* 属

ノープリウスは *Calanus* のノープリウスを前後に伸長した体形を示す。甲殻から分離した体後部は，円筒状であり，*Calanus* のように腹側へ屈曲していない。尾部保護装置は，*Calanus* 型

の右側刺毛などが左側より長く変形し，非対称となっている。しかし，その鉤，刺毛，尾触毛などの数は *Calanus* のそれと同様である。第1触角は長いへら状であるが，その刺毛数は *Calanus* のそれに準じている。第2触角，大顎の形態もまた *Calanus* 型である。第1下顎は，第4期に数本の刺毛を持つ原基として出現する。第6期では未発達ながら第2下顎，顎脚，更に，第1，第2遊泳脚がみられる。

*Eucalanus bungii* var. *californicus* JOHNSON

体は伸長しており，体前部から分離した体後部が特に長い。尾端には右の刺毛が左のものより長い非対称の1対の尾刺毛がある。上唇は普通の大きさで，やや細長い。後期ではその上部は短い毛で覆われている。体前端はやや締り，僅かに突出する。後期では，そこにこぶ状の小さな突起がみられる。ノープリウスは透明であるが，体の一部分や第1触角が非常に淡い黄色を呈している。尾部は一般に橙色を帯びている。第2触角基部のやや前方両体側の組織中に1個の暗い色

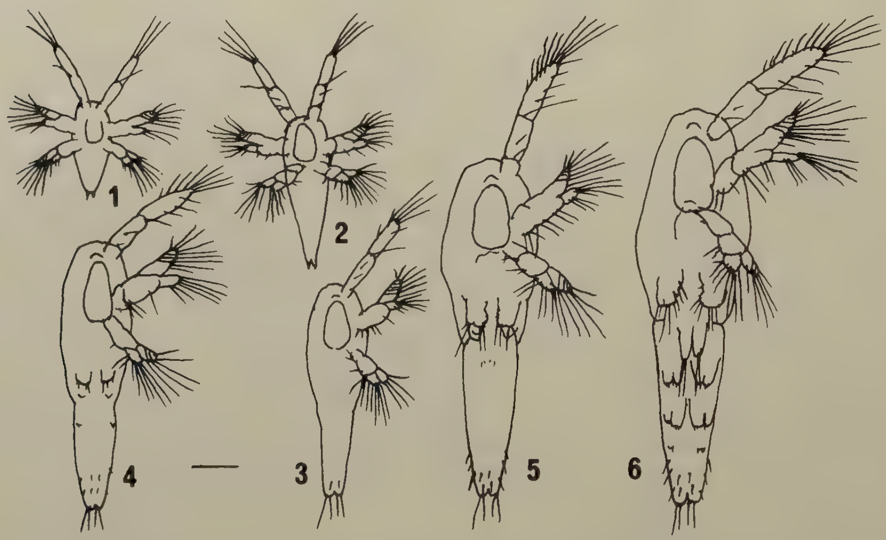



Fig. 32. Nauplii of *Eucalanus bungli californicus* (after JOHNSON, 1937). Scale=0.1mm. 1-6 : Stage I-VI.

素体がある。

本種は九州北西部沖合の水深，80～100mの 底層水から採集された。その採集標本中には体内に卵母細胞を持つ成体やノープリウスが混在している。JOHNSON (1937) は *Eucalanus bungii* var. *californicus* と考えられる *Eucalanus elongatus* var. *bungii* GIESBRECHT ノープリウスをカリフォルニア沿岸域から報告した (Fig. 32)。しかし，*E. elongatus* および *E. bungii* var. *californicus* 両種の識別は，成体における大顎上の刺毛の差によって行うため，両種のノープリウスは極めて類似しているものと考えられる。

(2) 三角頭型（楔型）

i) 右強大尾棘型（*Rhincalanus* 型）

Eucalanidae

*Rhincalanus* 属

*Rhincalanus cornutus* DANA (Fig. 33, 34. Table 2-(17))

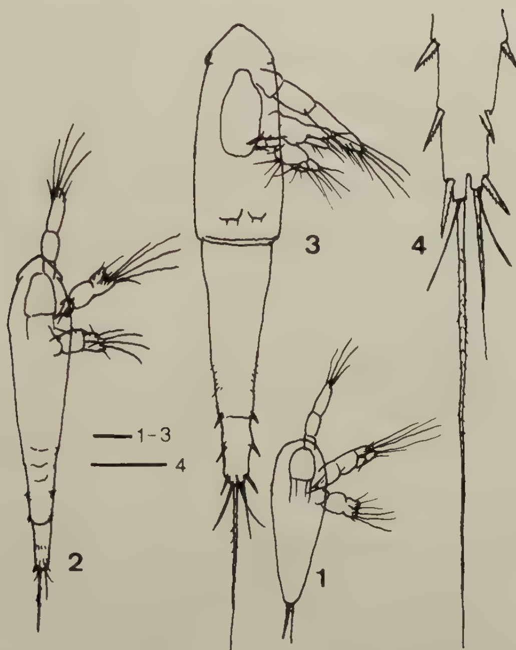



Fig. 33. Nauplii of *Rhincalanus cornutus*. Scale=0.1 mm.
1-3: Stage II, III, V; 4: Caudal armature (Stage V).

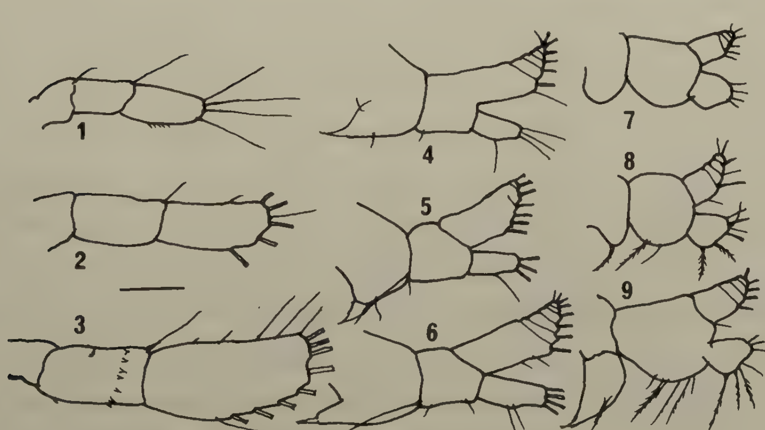



Fig. 34. Appendages of *Rhincalanus cornutus* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-3: Antennules (Stage II, III, V); 4-6: Antennae (Stage II, III, V); 7-9: Mandibles (Stage II, III, V).

ノープリウスは，前端が三角形であり，体後部が次第に細くなった特異な体形である。尾端に，右の尾棘が左のものより長い1対の非対称な刺毛がある。*Rhincalanus* は，このような細長い体形と大きな右尾刺毛によって，細長い体形の *Eucalanus* および *Pontella* 型ノープリウスから識別される。矩形状上唇は，非常に長く，微細な毛で覆われる。後期ノープリウスは，体後部が第2下顎を持った体前部から分離している。付属肢は *Calanus* のものに類似している。しかし，本種の第1触角第2節の刺毛は1個であり，他種では数個の棘である。第2触角基節の咀しゃく突起先端は強い鉤である。

九州北西部沖合では *Rhincalanus cornutus* および *R. nasutus* 2種がしばしば採集される。これらのノープリウスは GURNEY (1934) によって最初に報告されている。また，南氷洋の *Rhincalanus gigas* ノープリウスは STEUER (1935) によって報告されている。これらの3種は，極めて類似し，識別が困難である。これらの種には，発育段階による刺毛数および第1下顎の出現の差がみられるが，最も単純な差は体長である。この体長は *R. gigas*, *R. cornutus*, そして *R.nasutus* の順に小さい。

ii)　左強大尾棘型（*Pontella* 型）

a　大左尾棘型

Pontellidae

*Labidocera* 属

体は前端が僅かに突出する。体後部は次第に細くなり楔型を呈し，尾棘は左側のものが強大である。このノープリウスは，同じ楔型の Eucalanidae から大きな右尾棘によって識別される。上唇は，心臓型であり，前端が突出し，広く丸い後端中央部はややへこむ。第1触角は，*Tortanus* のように長いへら状であり，端節の背腹縁に多数の刺毛，先端に3～4本の刺毛がある。大顎内枝の腹縁は突出している。後期には大顎底節に咀しゃく突起が出現する。第1下顎は第3期に数本の刺毛として出現する。

*Labidocera acuta* (DANA) (Fig. 35, 36. Table 2-(15))

本種のノープリウスは九州北西部の沖合水には秋季に出現する。体は，前端が突出した鈍角であり，体後部が細くなった楔型である。この体形は左の長い尾棘を除くと *Rhicalanus* に類似する。小さな吻の基部にある小さな眼点は暗赤褐色である。ノープリウスは，体後部，尾部の鉤，消化管，更に，第2触角と大顎の外枝先端部が淡い褐色を帯びる。第1，第2触角，大顎などの付属肢は長く，その刺毛も長い。付属肢に取り囲まれた上唇は著しく長く，その後端にまばらな棘を備える。

JOHNSON (1934, 1935) はカリフォルニア南部沿岸から *Epilabidocera amphitrites*, *Labidocera trispinosa* および *L. jollae* のノープリウスを報告した。BJÖRNBERG (1972) はブラジルとキュラソー沖から *Labidocera fluviatilis* および *Labidocera acutifrons* のノープリウスを報告した。*Epilabidocera amphitrites* ノープリウスの体後端や第1触角端は橙褐色であり，それは

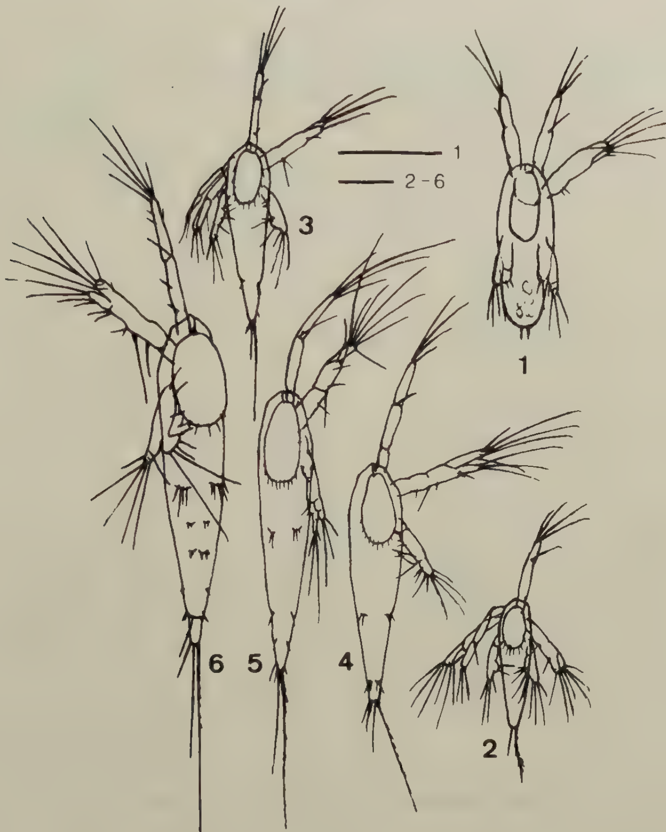



Fig. 35. Nauplii of *Labidocera acuta*. Scale=0.1 mm.
1-6: Stage I-VI.

*Labidocera jollae* ノープリウスでは明白な青緑色である。*L. trispinosa* ノープリウスでは第１触角の端節と第２触角が微かに橙色であるが，第２触角底節の橙色は濃い。*L. acutifrons* ノープリウスは青黄色であり，*L. fluviatilis* ノープリウスはうす桃色である。*Labidocera acuta* ノープリウスは，尾端の左尾棘が体長の１／２より長く，それより短かい左尾棘を持った他の *Labidocera* ノープリウスから単純に識別される。

b　極大左尾棘型

Pontellidae

*Pontellopsis* 属

体は，非常に長い楔型であり，頭部が突出した鈍角である。細長い体後部の左側尾端に，極めて長く，強い尾棘がある。右側の尾棘は細く，短い。この尾棘の内側に２本の弱い刺毛がある。*Pontellopsis* ノープリウスは，*Labidocera* および *Rhincalanus* のそれに類似するが，しかし，*Pontellopsis* ノープリウスが強大な左尾刺毛を持つことによって他種から識別される。第１，第２触角は *Labidocera* のように長い。特に，第２触角内枝は外枝より長くなっている。第１下顎は第３期に刺毛として大顎の後方に出現する。

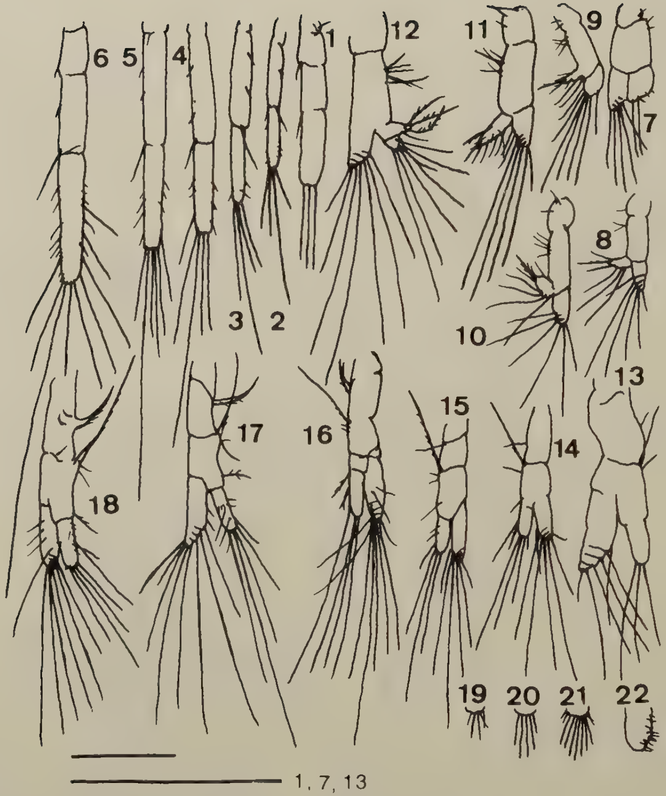



Fig. 36. Appendages of *Labidocera acuta* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-6 : Antennules (Stage I-VI) ; 7-12 : Antennae (Stage I-VI) ; 13-18 : Mandibles (Stage I-VI) ; 19-21 : Maxillules (Stage IV-VI) ; 22 : Maxilla (StageVI).

*Pontellopsis yamcdae* Mori (Fig. 37, 38. Table 2-⑯)

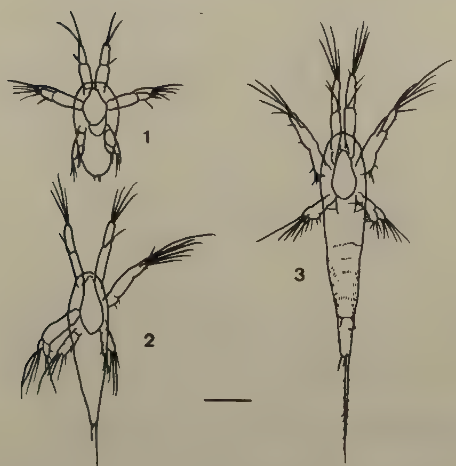



Fig. 37. Nauplii of *Pontellopsis yamadae*.
Scale=0.1 mm.
1-3 : Stage I-III.

本種は九州北西部沖合水域には10月～12月頃出現する。体前部は三角形であり，伸長した体後部は次第に細くなる。暗赤褐色の小さな眼点は小さな吻の基部にある。上唇は，前端が僅かに突出し，後端が丸くなった西洋梨型である。体は体後部と第1，第2触角の先端半分が淡い赤褐色を帯びている。しかし，他の部分は全く無色透明である。

Johnson (1965) は *Pontellopsis occidentalis* ノープリウスを南カリフォルニアの沿岸水から報告している。このノープリウスの第1触角は褐色であり，その色は先端から刺毛にかけて濃くなっている。体後部は赤味を呈しているが，それは尾端部では淡くなる。腹部は赤褐色の油

球含む。一般に，*Pontellopsis* ノープリウスは低鹹水では桃色であり，高鹹水では青緑色である。BJÖRNBERG（1972）は南ブラジル沖合水から *Pontellopsis brevis* ノープリウスを報告した。GIBSON and GRICE（1976）はウッズホール近海から *Pontella meadi* ノープリウスを報告した。これらのノープリウスから *Pontellopsis yamadae* ノープリウスは左尾棘が体長の１／２より短いことによって識別される。

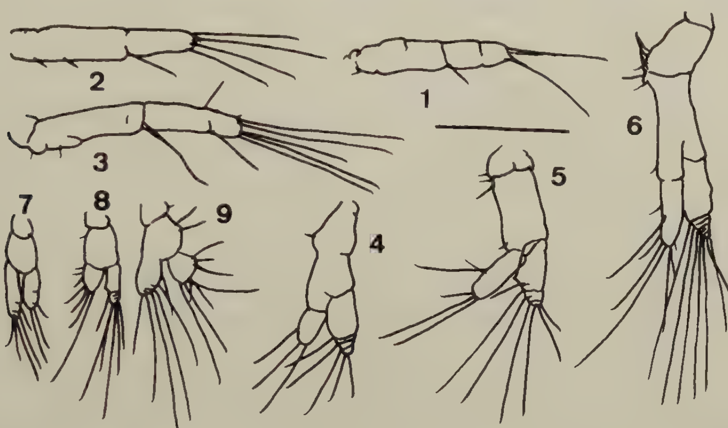



Fig. 38. Appendages of *Pontellopsis yamadae* nauplii. Scale=0.1 mm.
1-3 : Antennules (Stage I-III) ; 4-6 : Antennae (Stage I-III) ;
7-9 : Mandibles (Stage I-III).

### 4・1・2 Harpacticoida 目

Harpacticoida のノープリウスは単純な体形を示す。*Longipedia* ノープリウスは Calanoida のような卵型，西洋梨型の体形を持つ。*Tigriopus* などの他種のノープリウスは偏平な円盤状の体形を持つ。この体形は水中の自由な遊泳より，基質上を這い廻る生活に適応を示している。そのため，付属肢は食物を掻き集める構造に変形している。第１下顎は第２，第３ノープリウス期に単一の刺毛として出現するが，ほとんどそれ以上の発育をしない。尾端の数対の尾部保護装置は，短く，左右対称である。

1　卵—西洋梨型（*Longipedia* 型）

Longipediidae

Longipedia 属

ノープリウスは体前部が丸く，後端が僅かに突出した西洋梨，または楕円型である。第１触角は小さく，３節である。第１節には刺毛がなく，第２節には３本の刺毛がある。長い端節の背腹縁には若干の刺毛，先端には１本の感覚毛および３本の刺毛がある。第２触角は，*Calanus* 型にみられる２枝型である。底節には１本の毛状刺毛および１～２本の強い咀しゃく刺毛がある。基節には２～３本の刺毛および２本の咀しゃく刺毛がある。内枝の側縁には２～４本，更に，先端

には2～5本の刺毛がある。外枝は，よく発達して長く，5～9節である。この第1節には刺毛がなく，他の各節には1本の刺毛がある。しかし，端節には2～3本の刺毛がみられる。大顎も *Calanus* のように2枝である。小さい底節には1本の咀しゃく刺毛があり，基節には3～5本の刺毛がある。内枝の第1節には3本の強い刺毛のほか，1～2本の刺毛があり，第2節には6本の刺毛がある。4節である外枝には6本の刺毛があり，この中の2本は特に強く，長い。第1下顎は第2～3期ノープリウスに小棘を持つ1本の大きな刺毛として出現する。これは次第に発達し，2葉になる。この内葉には2本の強い刺毛のほか，数本の刺毛があり，外葉には1本の強い刺毛のほか，数本の刺毛がある。尾部保護装置は，第1期では尾部腹縁に1対の刺毛があるが，後期ノープリウスには腹側に2対の棘，更に，尾端に1対の刺毛がみられる。***Longipedia*** の特徴である尾端の1本の大きな中央棘は，ノープリウス全期にみられる。しかし，この類の中にはそれが初期のみに存在するか，または欠除した種がある。

*Longipedia brevispinosa* Gurney (Fig. 39, 40. Table 2-(20)

体は西洋梨型であり，その体後部は次第に細くなり，1本の中央棘で終る。体前端は，丸いが，

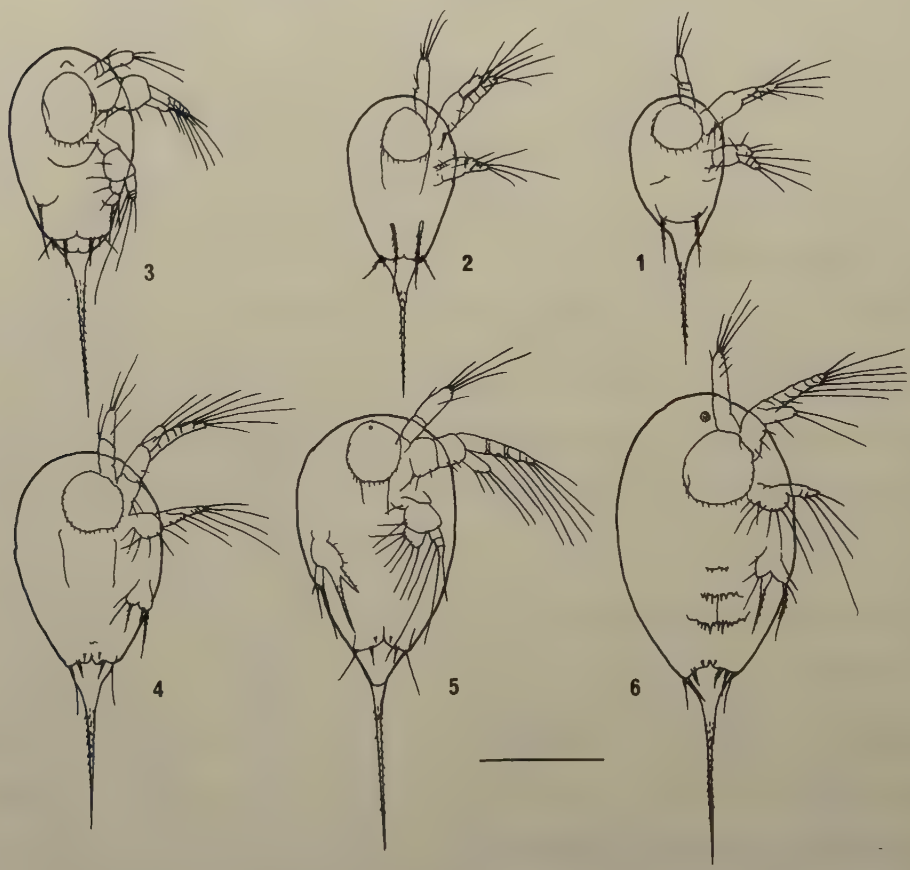



Fig. 39. Nauplii of *Longipedia brevispinosa*. Scale=0.1 mm.
1-6 : Stage I-VI.

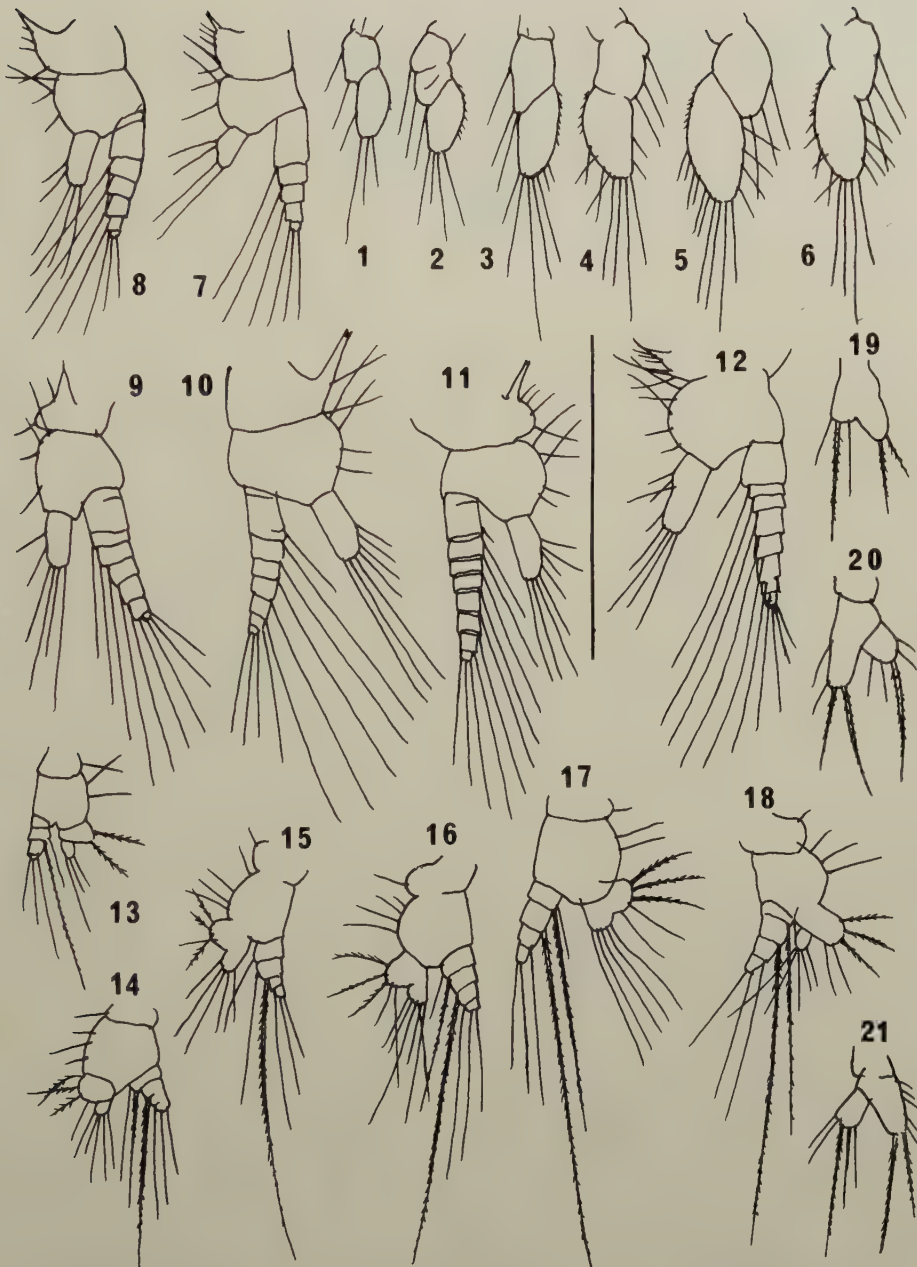



Fig. 40. Appendages of *Longipedia brevispinosa* nauplii. Scale=0.1 mm.
1–6: Antennules (Stage I-VI); 7–12: Antennae (Stage I-VI); 13–18: Mandibles (Stage I-VI); 19–21: Maxillules (Stage IV-VI).

*Longipedia coronata* のそれのように前方，上方に突出していない。体は淡い黄色を帯びる。上唇は，丸く，小さな棘で覆われている。第1触角は小さい。3本の刺毛を持つ第2節は不完全であるが2～3節に分離している。端節背縁の小さな棘は，成長に従って長くなる。端節先端には1本の感覚毛と3本の刺毛がある。第2触角底節と基節には強い咀しゃく刺毛と数本の刺毛があ

る。大顎は第2触角に類似する。底節の歯を持つ咀しゃく突起はノープリウス期には出現せず，外枝第2節の棘状刺毛は強く長い。第1下顎として1対の棘状刺毛が第2期に出現する。それは，以後の発育段階では2節になり，その先端に大きな刺毛，更に，側縁に小さな刺毛がみられる。尾部保護装置は，肛門部にあり，第2期では上方に向いた1対の刺毛と1対の小さな尾棘である。

*Longipedia brevispinosa* は九州北西部沿岸水域では一般的な種である。底層曳の網で採集した雌からノープリウスを得て，飼育した。本種のノープリウスは *Longipedia minor* のそれに酷似する。

*Longipedia weberi* A. SCOTT (Fig. 41, 42. Table 2-(21))

体は前端が丸く，後端が僅かに突出した卵，球型である。頭胸部の甲殻は側面からみると明白である。体は淡い緑色である。腹側に突出した上唇は丸く，小さな棘で覆われる。第1触角は，小さくて，不明瞭に2～3節に分離する。その第2節には3本の刺毛があり，端節の背縁には多数の小棘，先端には1本の感覚毛および3本の刺毛がある。第2触角は *Calanus* のそれに類似する。しかし，その外枝は非常に長い。また，大顎は第2触角形状を呈しているが，その外枝第2節の棘状刺毛は強く長い。底節には有歯突起がみられない。第1下顎は，棘状刺毛として第2期に出現し，後期には2節となり，数本の刺毛が生じる。尾部保護装置は，第1期では腹部の1対の棘状刺毛である。第2期には1対の尾刺毛と1対の尾鉤がある。*Longipedia minor* の尾部鉤は非常に小さい。第3期には1対の腹鉤が増加し，第4期には，更に1対の腹鉤が出現する。*Longipedia weberi* 尾端の中央棘は第1期では *Longipedia brevispinosa* と同様である。しかし，それは，ノープリウスの成長に従って短くなり，第5期には消失する。NICHOLLS (1935) は，尾棘が完全に反転しない *Longipedia* ノープリウスの多数個体，または，*Longipedia scotti* ノ

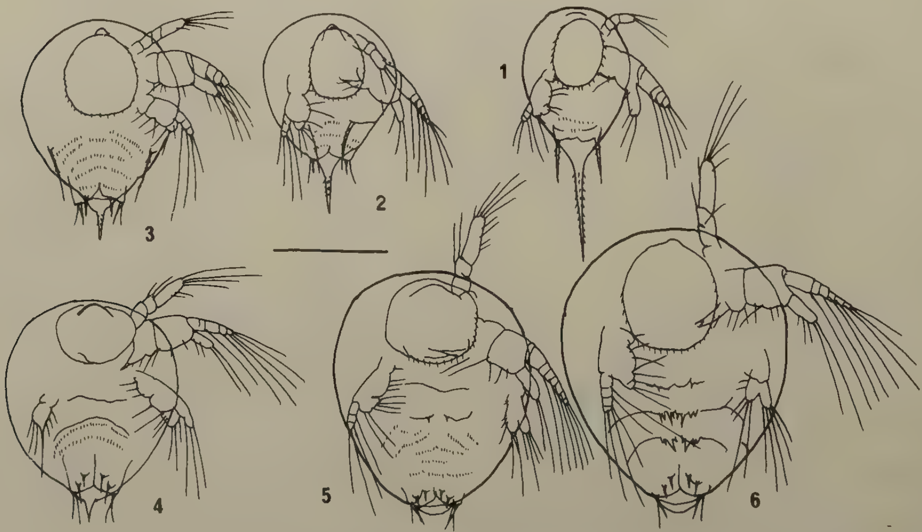



Fig. 41. Nauplii of *Longipedia weberi*. Scale=0.1mm.
1-6: Stage I-VI.

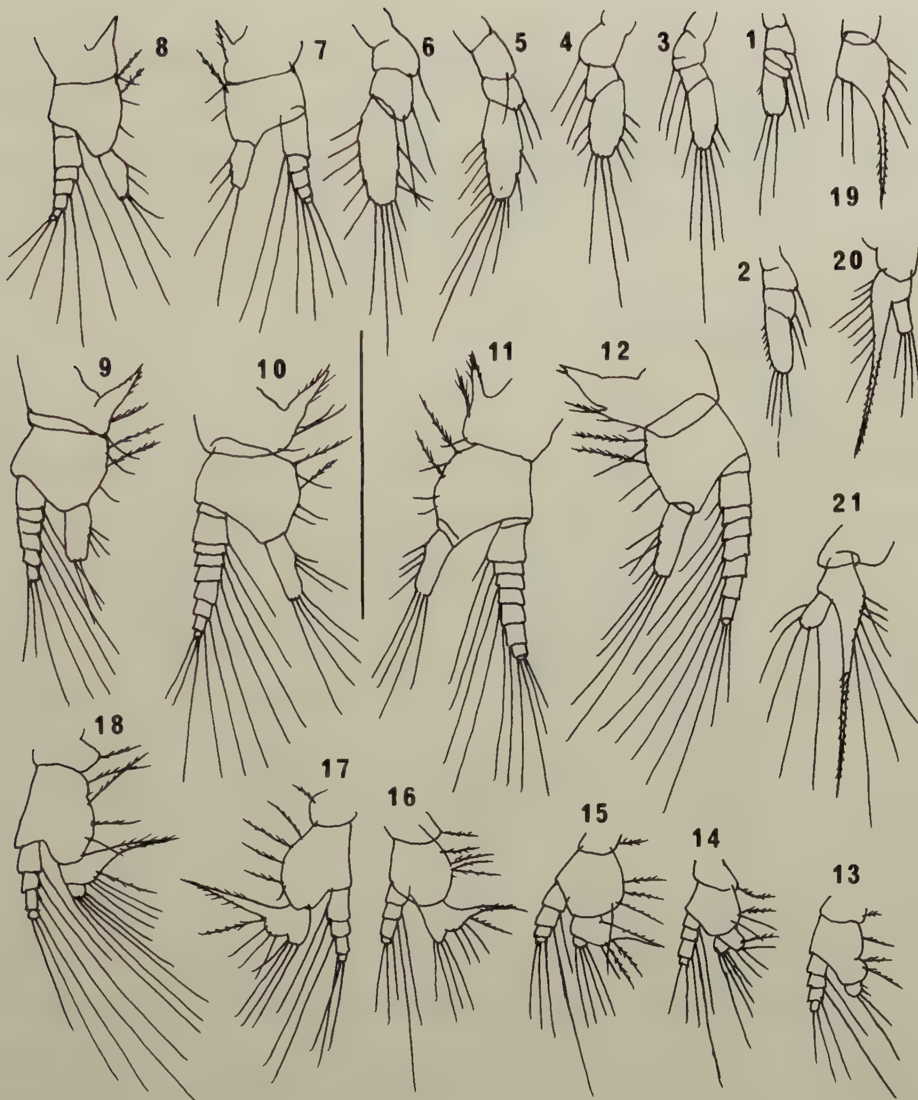



Fig. 42. Appendages of *Longipedia weberi* nauplii. Scale=0.1mm.
1–6: Antennules (Stage I–VI); 7–12: Antennae (Stage I–VI); 13–18: Mandibles (Stage I–VI);
19–21: Maxillules (Stage IV–VI).

ープリウス一群の尾棘欠損を記述している。彼は，このことは孵化時の尾棘の反転の失敗と考えた。しかし，*Longipedia weberi* のように成長とともに次第に消失する尾棘を持つ種類があり，尾棘欠損は種によって異なり，それがその反転失敗のみであるとは考え難い。

*Longipedia weberi* ノープリウスは，福岡湾において秋期に多数出現し，浮遊生態を示す。採集し，室内で飼育した雌成体からノープリウスが得られた。このノープリウスの飼育によって全期が観察できた。

GURNEY (1930) は，Longipediidae のノープリウスを最初に報告したが， 種の同定をしなか

った。しかし，NICHOLLS (1935) はこれらの種が *Longipedia scotti* および *Longipedia minor* であると記載した。*Longipedia coronata* ノープリウスは細長い体，前端に突起したヘルメット状頭部によって識別できる。*Longipedia scotti* ノープリウスは，体前部が丸く，体後部が細い。上唇は長方形である。本種の第1触角は *Longipedia minor* の4節に対し3節である。第1下顎外枝は，*Longipedia minor* では1本の強い棘が特徴であるが，*Longipedia scotti* では数本の等長棘である。

2　偏平卵型（*Microsetella* 型）

Ectinosomidae

*Microsetella* 属

体は背腹軸に偏平となった卵型である。体は淡い褐色またはうす桃色である。前，後縁を多数の微棘で覆われた上唇は偏平の円形である。第1触角は小さく，その端節には Calanoida ノープリウスのように多数の刺毛がない。第2触角の底節は退化しており，基節には1本の強い咀しゃく突起がある。長い内枝側縁には多数の棘がある。小さな内枝は，数節からなり，その第2節には強く短い刺毛がある。大顎外枝の棘毛は強く，特に第2節の1本の刺毛は強く長い。*Calanus* のように大顎底節には有歯突起は出現しない。第1下顎は，第2期に太い刺毛として出現するが，*Calanus* のような機能的な付属肢にはならない。*Longipedia* ノープリウスのような中央棘はないが，最初のノープリウス2期には後方に伸びた突起がみられる。初期，尾部保護装置は1対の強い刺毛であるが，後期ではこのほか，数本の刺毛が出現する。

*Microsetella norvegica* (BOECK) (Fig. 43. Table 2-(22))

体は，偏平な卵型であるが，初期には尾端に突起がみられる。体は淡褐色である。本種のノープリウスは，*Microsetella rosea* のそれに極めて類似する。第1触角は小さい。第2触角の底節には1本の刺毛がある。基節には1本の咀しゃく刺毛と数本の細長い刺毛がある。大きな内枝には多数の棘がある。また，その側縁には1～3本の毛状刺毛，先端には2本の刺毛がある。5節の外枝は小さく，2～4節には各々1本の刺毛があり，端節には2本の刺毛がある。大顎の底節には1本の刺毛があり，基節には1～3本の細長い刺毛がある。内枝腹縁には2本の強い咀しゃく刺毛および4本の細長い刺毛がある。小さな外枝は3節であり，その第1節には太く短い1本の刺毛，第2節には1本の長い刺毛，更に，第3節には2刺毛がある。第1下顎は未発達の太い刺毛として第4期に出現する。尾端には1対の強い尾棘が全期に存在するが，このほか，1対の短い棘および尾触毛が第3期以後出現している。

本種は，九州北西部沿岸水域では，特に，福岡湾の底層水に，秋季に多数出現する。本種のノープリウスについて HIRAKAWA (1974) が北海道の忍路湾から報告している。本種のノープリウス形態は *Microsetella rosea* のそれと同一である（BJÖRNBERG, 1972)。しかし，*Microsetella rosea* ノープリウスの体色はうす桃色であり，両種は体色から識別できると考えられる。

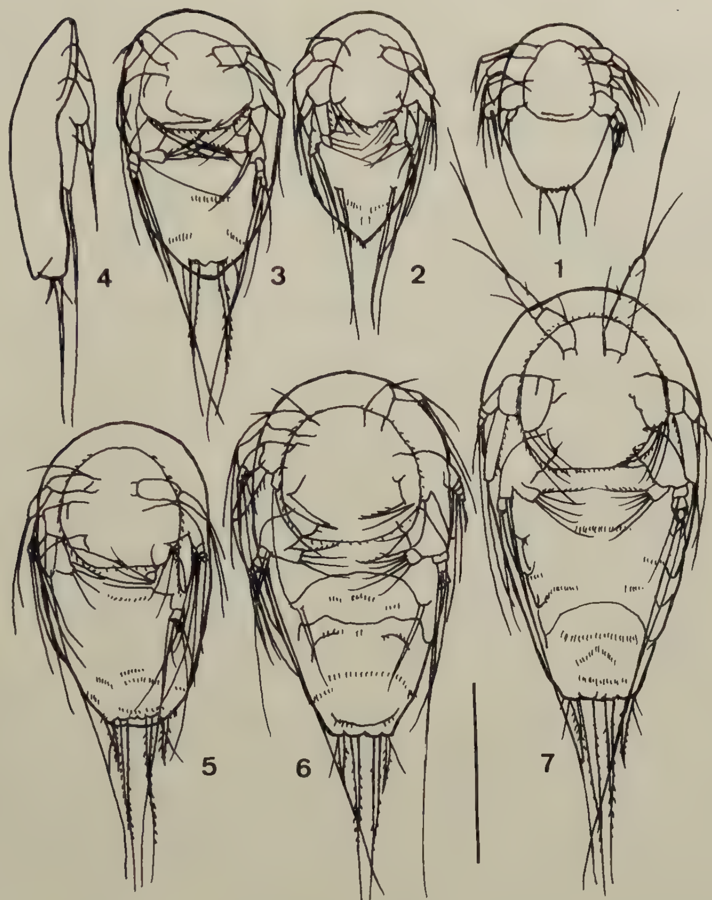



Fig. 43. Nauplii of *Microsetella norvegica*. Scale=0.1mm.
1-6: Stage I-VI.

3　円盤型（*Harpaticus* 型）

(1)　小触角型

Tachidiidae

*Euterpina* 属

ノープリウスの体形は初期は偏平円型であるが，後期には偏平卵型になる。腹部は，第3期に明らかになるが，*Calanus* ノープリウスのように腹側に屈曲していない。膨んだ尾端は鋸歯状である。小さな第1触角には *Microsetella* のように細長い端節があり，そこに2本の刺毛および1本の感覚毛がある。第2触角底節には鋭い鋸歯刃を持つ咀しゃく突起がある。大顎内枝は底節から分離せず，1本の強い鉤および多数の細長い刺毛を持つ。第1下顎は，第6期に小さな原基としてみられるが，その他の発育段階では不明である。尾部保護装置として2個の尾鉤および2本の長い刺毛が全期にみられる。このほか，2本の小さな刺毛が第4期に現れる。

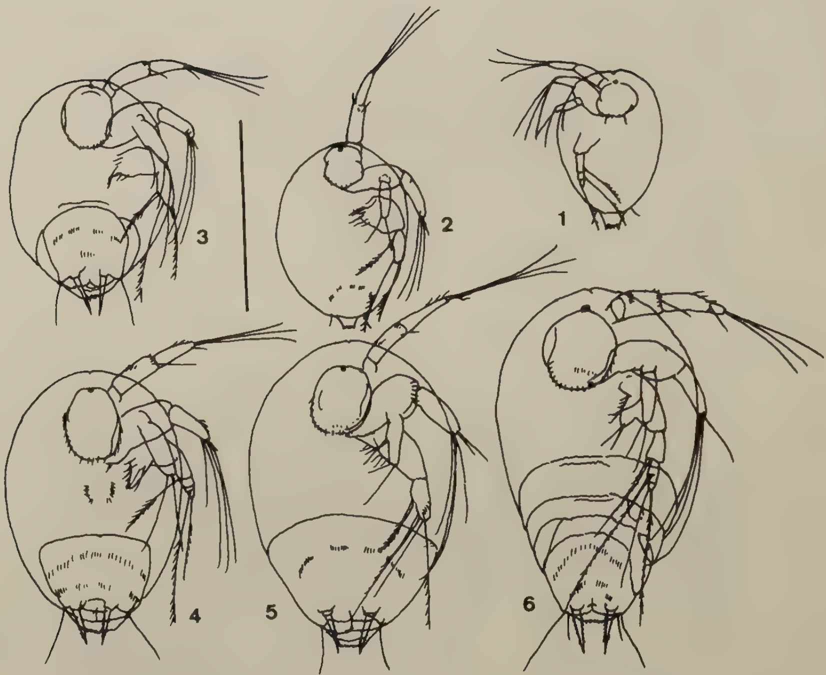



Fig. 44. Nauplii of *Euterpina acutifrons*. Scale=0.1mm.
1-6 : Stage I-VI.

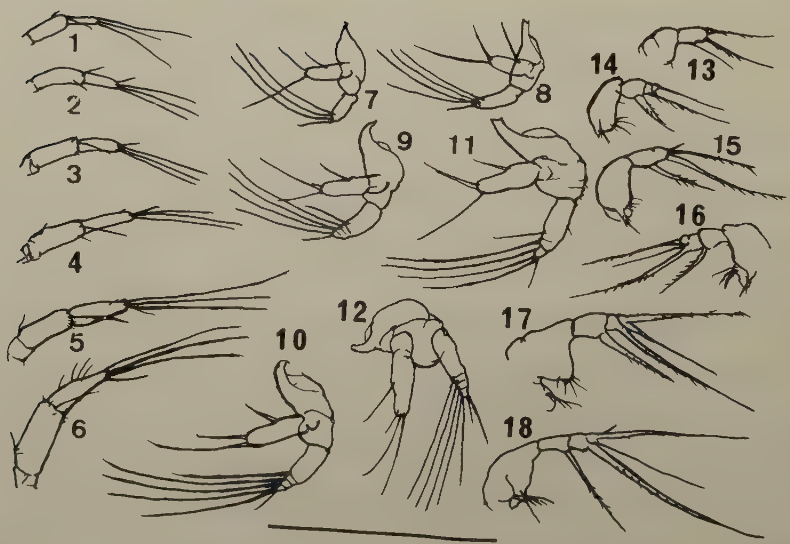



Fig. 45. Appendages of *Euterpina acutifrons* nauplii. Scale=0.1mm.
1–6 : Antennules (Stage I-VI); 7–12 : Antennae (Stage I-VI); 13–18 : Mandibles (Stage I-VI).

*Euterpina acutifrons* (DANA) (Fig. 44, 45. Table 2-(24))

ノープリウスは初期円盤型である。腹部は第3期に明白になり，以後，それは後方に伸び，体は偏平楕円型になる。体は無色であるが，時々，体後半が緑色顆粒によって緑色を帯びる。また，消化管が食物によって緑色となることがある。小さな暗赤色の眼点は体前端の小さな刻み目のやや後方にある。比較的小さな上唇は付属肢に囲まれている。第1触角は小さく，その第2節には多数の小棘がある。細長い端節の腹縁先端部に1本の刺毛，背縁には数本の小さな刺毛，更に，端節先端には2本の刺毛および1本の感覚毛がある。第2触角底節には鋭い歯の咀しゃく突起および1本の刺毛があり，基節には2本の刺毛がある。内枝には，側縁に1本の太い鉤があり，先端に2本の刺毛がある。外枝は6節であり，第2節が特に長い。第2～第5節には各々1本の長い刺毛があり，端節には大小各々1本の刺毛がある。大顎の底節には全期間を通し1本の刺毛のみがある。この内枝は多数の棘を持つ1本の強い突起となり，その基部に多数の刺毛がある。外枝は大きく，第1，第2節に1本の長い棘状刺毛，端節に小さい1本および1本の長く太い刺毛がある。第1下顎および遊泳脚の原基は第6期に認められる。尾部保護装置として尾端腹側には，2本の鉤および2本の長い刺毛が全期間に存在し，更に，第4期に2本の小さな尾刺毛が出現する。

本種のノープリウスは暖海の沿岸水域に広く分布する。九州北西部では夏から秋にかけて多数出現する。本種のノープリウスは *Tisbe furcata* のように比較的強い底生性を示す。本種のノープリウスの全期が実験室で得られた。水温20℃～25℃の時，5～8日間，平均では6日間でコペポダイト期に発育した。本種のノープリウスについては BERNARD (1963) および EL-MAGHRABY (1964)，HAQ (1965) などの報告がある。

(2) 極小触角型

Tisbidae

*Tisbe* 属

ノープリウスは，背腹軸に偏平で，ほぼ円盤型である。後期では体後部は，後方に突出しているが，*Calanus* 型ノープリウスのように腹側に屈曲していない。第1触角は小さく，端節の側縁には小さい刺毛が僅かにあり，先端には1本の感覚毛と3本の刺毛がある。第2触角の底節にはよく発育した咀しゃく突起がある。大きな内枝には1本の鉤および刺毛がある。大顎の基節は小さく，小さな内枝の側縁には3本の鉤がある。外枝は3節で，第2節は特に長い。第1下顎は第2期に1本の棘状刺毛として出現する。尾部保護装置として第1期の尾端腹側に1対の刺毛がある。これは以後の発育段階では次第に長くなる。このほか，尾部には数本の小さな刺毛が出現する。

*Tisbe furcata* (BAIRD) (Fig. 46. Table 2-(23)

体は，無色の円盤型であり，後期には体後部が後方に伸び，体前部からは分離する。ノープリウス眼は赤く小さい。上唇は偏平で丸く，微棘で覆われている。第1触角は小さく，第2節には

4本の小さな刺毛がある。端節には腹縁に2本，背縁に4本，更に，先端に3本の刺毛および1本の感覚毛がある。第2触角の底節には強い咀しゃく突起と1本の刺毛がある。基節には1本が小さく，2本が長い刺毛がある。長い内枝の側縁には大小各1本の刺毛があり，先端には1本の小さな刺毛と1本の強い把握のための鉤がある。5～6節からなる小さな外枝には6本の刺毛がある。大顎の小さな底節には刺毛がなく，基節には大小，各1本の棘状刺毛がある。内枝の側縁には3本の強い鉤および1本の刺毛があり，先端には太い3本および細い2本の刺毛がある。小さな外枝は3節であり，第1節には2本の刺毛，第2節には長く強い1本の刺毛，更に，先端には2本の刺毛がある。第1下顎は，第2期に1本の強い棘状刺毛として出現し，第4期には4本の刺毛を持つ1対の付属肢となる。第6期には遊泳脚の原基が出現する。尾部保護装置として，体長の半分よりやや短い1対の刺毛が全期間に存在する。このほか，短い刺毛が第3期に1対，

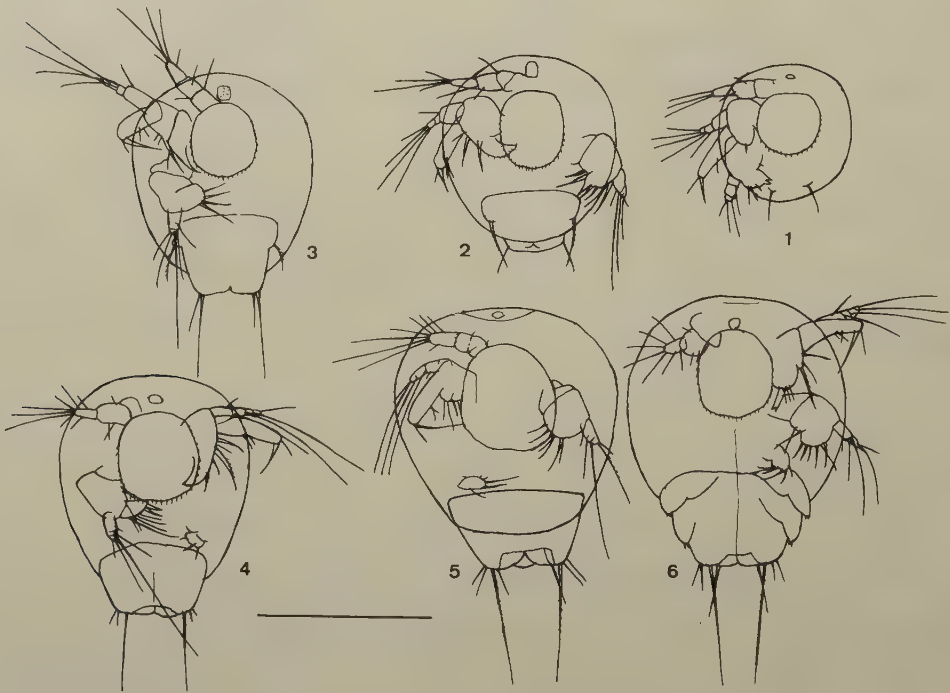



Fig. 46. Nauplii of *Tisbe furcata*. Scale=0.1 mm.
1-6: Stage I-VI.

第4期に1対，更に，第5期には最も内側に1対の小さな刺毛が出現する。

本種は，沿岸水域には夏～秋季に多数出現し，また，室内槽にもしばしば出現して，増殖する。ノープリウスは海底，海藻上，また水槽底や側面を這い廻る習性がある。本種のノープリウスについて，花岡（1940）は三浦半島三崎から，Johnson and Olson (1948) は南カリホルニアのラ・ホヤから報告した。Thia-Eng (1975) は，シンガポール海峡近くの水族館の水槽から採集した *Tisbe longisetosa* の卵を持つ雌個体からノープリウスを得て，これを珪藻（*Navicula* spp.）で

飼育し，研究した。LOPEZ (1980) はラ・ホヤのスクリップス研究所に出現する *Tisbe cucumariae* ノープリウスをテトラミンで飼育し，研究した。*T. cucumariae* はナマコ類に寄生する種としてフランスから報告されている。THIA-ENG (1975) による *T. Longisetosa* の付属肢の刺毛数などは不明確である。しかしながら，これら3種のノープリウスの形態は極めて類似している。*T. cucumariae* ノープリウスの大顎，外枝先端の長い勅毛は他の短い刺毛の約3倍である。*Tisbe furcata* および *Tisbe longisetosa* では，この長い刺毛は短い刺毛の約2倍である。*Tisbe furcata* ノープリウスは，第1，第2期を除く発育段階の第2触角の円筒状内枝側縁に大小2本の刺毛を持ち，1本の刺毛を持つ *Tisbe longisetosa* のそれから区別出来る。この刺毛は，*Tisbe cucumariae* ノープリウスでは *Tisbe furcata* 同様2本である。

これらの種と近縁の *Tisbintra jonesi* ノープリウスは，UMMERKUTTY (1960) が印度，マナ湾の中央海洋研究所の水槽から採集し，貝類の粉末および海藻の細片で飼育し，報告した。

Harpacticidae

*Tigriopus* 属

ノープリウスは偏平な円盤型である。しかし，後期では後体部は *Tisbe* 型同様に後方に突出する。第1触角は，小さく，3節であり，第2節に3本の刺毛，端節の側縁に多数の刺毛，更に，先端に3本の刺毛と1本の感覚毛がある。第2触角の底節には強い切断刃を持つ咀しゃく突起がある。大きな内枝の先端には1本の強い把握鉤がある。大顎の底節は膨らみ，そこに1本の刺毛がある。内枝は，1本の強い鉤と数本の刺毛を持つ小さな膨らみに過ぎない。第1下顎は1本の刺毛として第2期に出現する。1対の尾刺毛が全期間に尾端腹側にみられ，これは成長に従って次第に伸長する。このほか，尾端に僅かに小さい刺毛が出現する。

*Tigriopus japonicus* MORI (Fig. 47. Table 2-(25))

体は背腹軸に偏平な円盤型である。体は橙色，または赤褐色である。腹部は，第3期に明白になり，以後の発育段階では伸長する。体前端やや後部にある赤い眼点は明らかに認められる。丸い上唇は微棘で覆われている。後期ノープリウスは各付属肢の節数および刺毛数は初期の段階からほとんど変化しない。後期ノープリウスの第1触角は，小さく，3節であり，第1節には1本の刺毛，第2節には2本の刺毛および1本の棘がある。端節の腹縁には3本，背縁には5本，更に，先端には3本の刺毛および1本の感覚毛がある。第2触角の底節は強い咀しゃく刃を持つ。小さな基節は3本の刺毛の棘を持つ。大きな内枝は，側縁に2本の刺毛，先端に1本の小刺毛および強い鉤を持つ。長い外枝は，各節に1本の刺毛を持つ3節，更に，大小3～5本の刺毛と1つの棘を持つ端節よりなる。大顎の膨らんだ底節は1本の小棘毛を持つ。基節は1本の鉤および多数の微棘を持つ。小丘状の内枝は1本の強い鉤および数本の刺毛を持つ。短い外枝は2節である。その第1節には1～2本の刺毛および多数の棘があり，端節には大小1本の刺毛がある。第1下顎は，多数の微棘を持つ1本の腹刺毛として第2期に出現する。遊泳脚の原基は第6期に出現する。尾部保護装置として1対の強い尾刺毛が全期にみられる。第2期には小さな1対の尾刺

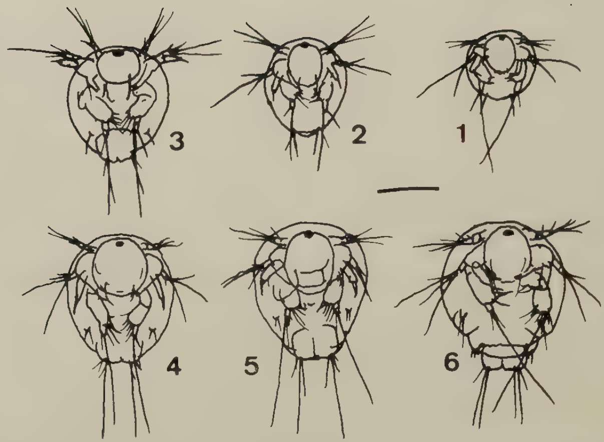



Fig. 47. Nauplii of *Tigriopus japonicus* (after Koga, 1970). Scale=0.1 mm.
1-6: Stage I-VI.

毛が出現する。第３期には，１対は長く，そして１対は短い尾刺毛が加わる。第６期の尾部保護装置は大小各々２対の尾刺毛である。

本種は，暖水沿岸性種であり，春～夏季に潮溜りに多数出現する。本種は，環境変化に対する適応性が強い広塩，広温性の動物である。室内飼育によって全期のノープリウスが観察された。各期の期間は24～25℃水温条件において18～20時間であった。本種について花岡（1940）はノープリウス期のみを，更に，古賀（1970）および伊藤（1970）は全期を通した生活史を報告した。*Tigriopus japonicus* に類似した *Tigriopus furvus* について Fraser（1936）は英国のマン島の岩礁のプールから５期のノープリウスを報告した。この報告に対し花岡（1944）は第４期の欠落を指摘している。

### 4・1・3　Cyclopoida

この種類のノープリウスは，典型的な卵型であり，Calanoida のように体後部の屈曲，伸長などの多様な体形の変化がみられず，また，Harpacticoida ノープリウスのような偏平な体形でもない。対称な尾部保護装置は Harpacticoida 型よりやや長い。第１触角は，棒状であるが，Harpacticoida 型より長く，Calanoida 型に近い形状である。しかし，その刺毛数は Calanoida 型より少ない。第２触角は，Calanoida 型であり，その底節および基節に強い刺毛がある。大顎の内枝は，Calanoida および Harpacticoida 型と異なり，基部の側縁に３～４本の強大な刺毛がある。これは，いわゆる熊手状であり，食物を濾し採るより，むしろ摑み捕る機能を示す。第１下顎は，Calanoida の一部および Harpacticoida 型のように最初は１本の刺毛として第２かまたは第３期に出現する。これは，Harpacticoida 型のような１～２本の刺毛に留まらず，数本の刺毛を持つ２枝型の未発育の付属肢になる。しかし，Calanoida 型のように多数の節および刺毛を持つ付属肢までには発育しない。

1. 短触角型

体は，前端が丸く，体後部がやや細い卵型である。尾部保護装置は尾端，腹側に数対あり，Harpacticoida 状の尾刺毛は比較的に短い。Cyclopidae のノープリウスは第1触角が短棒状である。第1触角基部が曲ったL字状触角は *Oithona* ノープリウスにみられる。Cyclopidae は，主に淡水種であり，Dietrich (1915), Pine (1934) および花岡 (1944) の研究がある。

(1) 短棒状触角型

この型に属す既知のノープリウスは主に淡水産の Cyclopidae である。

(2) L字状触角型 (*Oithona* 型)

Oithonidae

*Oithona* 属

体は体後部が細くなった卵型である。体前方腹側にある上唇は，前端が丸く，後端に若干の小さな棘がある。ノープリウス眼は赤褐色斑である。初期，尾部腹側にある尾部保護装置は，後期では尾端に移行し，刺毛数も増加する。第1触角は短く，基部でL字状に屈曲する。大顎の内枝には，熊手状になった3本の強い刺毛がある。第1下顎は第2期に1本の刺毛として出現する。

*Oithona* ノープリウスについての研究は，Oberg (1906) の *Oithona similis* に関する最初の報告以後多種が研究されている。Gibbons and Ogilvie (1933) は *Oithona helgolandicus* (=*O. similis*) と *Oithona spinirostris* (=*O. plumifera*) を，Murphy (1923) は *Oithona nana* の簡単な研究を報告している。Björnberg (1972) は *Oithona ovalis* および *Oithona simplex* ノープリウス全期，更に，*Oithona nana*, *Oithona oculata* および *Oithona plumifera* ノープリウスの少数期を記述している。Goswami (1975) は *Oithona brevicornis* および *Oithona hebes* を報告している。しかし，これらの記載の中で付属肢の節，刺毛数など不明確な種が多く，これは更に検討する必要がある。次に，九州北西部水域から観察された *Oithona* ノープリウスについて述べる。

*Oithona brevicornis* Giesbrecht (Fig. 48. Table 2-(26))

体は小さな卵型である。細い尾刺毛は，体尾端腹側にあり，後方から外側に伸びる。この尾刺毛は *Oithona similis* および *Oithona ovalis* のものに似る。尾刺毛は，第1，第2期では1対であり，第3期以後は2対となる。第3期では，この尾刺毛の間に1対の尾棘が現われ，第5期では，最も内側に新に1対の小さな尾棘が出現する。第1触角の第2節には3本の刺毛がある。端節先端には第1～第6期まで4本の刺毛がある。また，背縁には第4～6期間に4，4，7，7本の刺毛があり，*Calanus* の2，4，6，8と異なる。後期ノープリウスについてみると第2触角の底節には3本，基節には4本，内枝側縁および先端には各々3本の刺毛がある。7節である外枝の第2節および端節には，3本の刺毛があり，他の節には各1本の刺毛がある。大顎の底節には1本，基節には3本，内枝第1節には3本，端節側縁に2本，更に，先端に3本の刺毛があ




Fig. 48. Nauplius of *Oithona brevicornis*. Scale=0.1mm.
1-6 : Stage I-VI.

る。外枝は4節であり，各節に1本の刺毛がある。第1下顎は第2期に1本の刺毛として出現する。しかし，後期にはこの下顎の底節原基に3本，内枝に2～3本，更に，外枝に1～2本の刺毛がある。遊泳脚は第6期に第1，第2脚のみ出現する。これらは内枝に2本，外枝に2～3本の刺毛がある。

*Oithona brevicornis* は九州北西部沿岸，特に湾内に多数出現する。ノープリウスは室内飼育で観察され，各発育段階の期間は約2日であった。GOSWAMI (1975) は24～27℃での飼育で8～10日間に全期を観察した。また，UCHIMA (1979) は東京湾の *O. brevicornis* を報告した。しかし，これらの記載は付属肢の刺毛数に差がみられる。

九州北西部水域に出現する主な *Oithona* 類は，*Oithona brevicornis*, *Oithona plumifera*, *Oithona similis* などである。これらのノープリウスを採集し，観察し，既報のノープリウスと比較した結果，刺毛数などに差がみられた。このような種類については更に飼育し，発育過程の形態などを検討する必要がある。

2.　長触角型

(1)　長刺毛型（*Oncaea* 型）

*Oncaeidae*

*Oncaea* 属

体は，卵型であり，*Calanus* ノープリウスのように体後部が屈曲していない。小さな眼点は赤褐色である。比較的大きな付属肢に囲まれた上唇は後端に微細な棘を持つ。第1触角は長く，特

に第2節が長い。また，第2触角の外枝も長い。大顎の内枝第1節には熊手状の3本の強い刺毛がある。第1下顎は最初に1本の刺毛として第3期に出現する。後期の第1下顎は1本の長い刺毛を持つ原型である。尾部の尾鉤は未発育である。この尾鉤が出現しない種もある。尾部の刺毛は長く，触毛になっている。

*Oncaea venusta* PHILIPPI (Fig. 49, 50. Table 2-(27))

本種は各地に広く分布する種である。本種は九州北西部水域では周年出現するが，特に，秋から冬季に多数出現する。成体は水底との関係が深い生活の形態を示す。しかし，ノープリウスは浮遊性格の強い体形を示す。携卵中の雌成体を分離飼育し，ノープリウスを得て，その特性をみた。18～20℃温度で飼育したノープリウス期間は，第1～第3期が各々1日であり，第4期が4日，第5期が6日間であった。

体は典型的な卵型である。体の後部，第1触角の先端部および先端の刺毛は黄色を帯びた赤褐色を呈している。しかし，他の部分は全く無色である。小さな眼点は暗赤褐色である。第1触角は長く，第1節に1本の刺毛，第2節に2本の長い刺毛，端節の腹縁に2本，背縁に4本，更に，先端に4本の刺毛がある。第2触角の底節には1本の刺毛および2本の咀しゃく刺毛がある。基節には2本の刺毛および1本の咀しゃく刺毛がある。内枝には側縁に4本，更に，先端に3本の刺毛がある。外枝は，7節であり，第1節には刺毛がなく，第2節には2本，第3～第6節には各々1本，更に，端節には3本の刺毛がある。大顎には底節に1本，更に，基節に3本の刺毛が

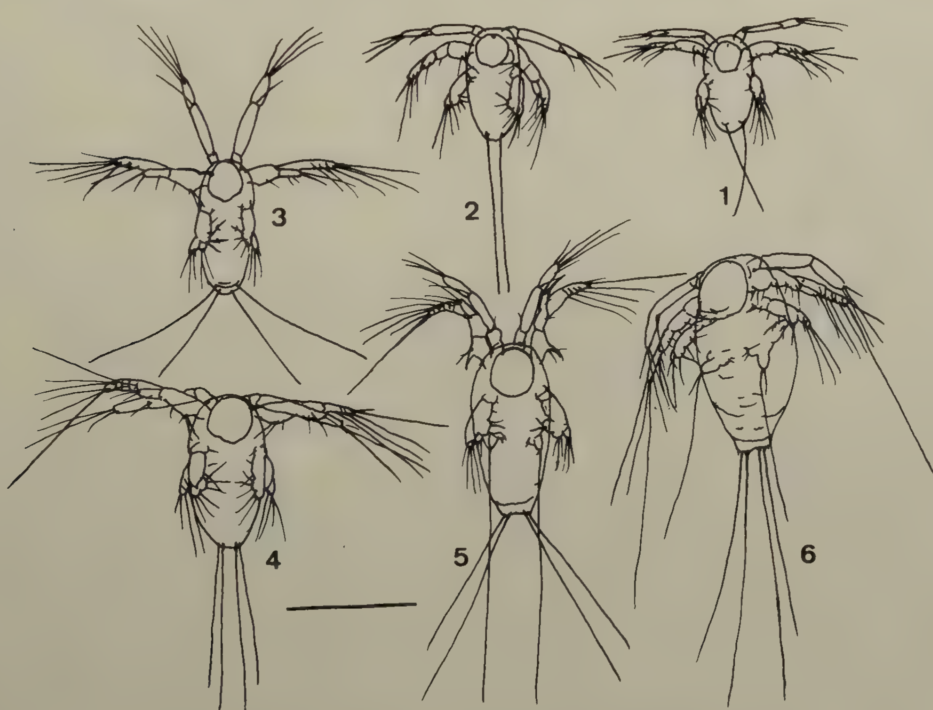



Fig. 49. Nauplii of *Oncaea venusta*. Scale=0.1mm.
1-6: Stage I-VI.

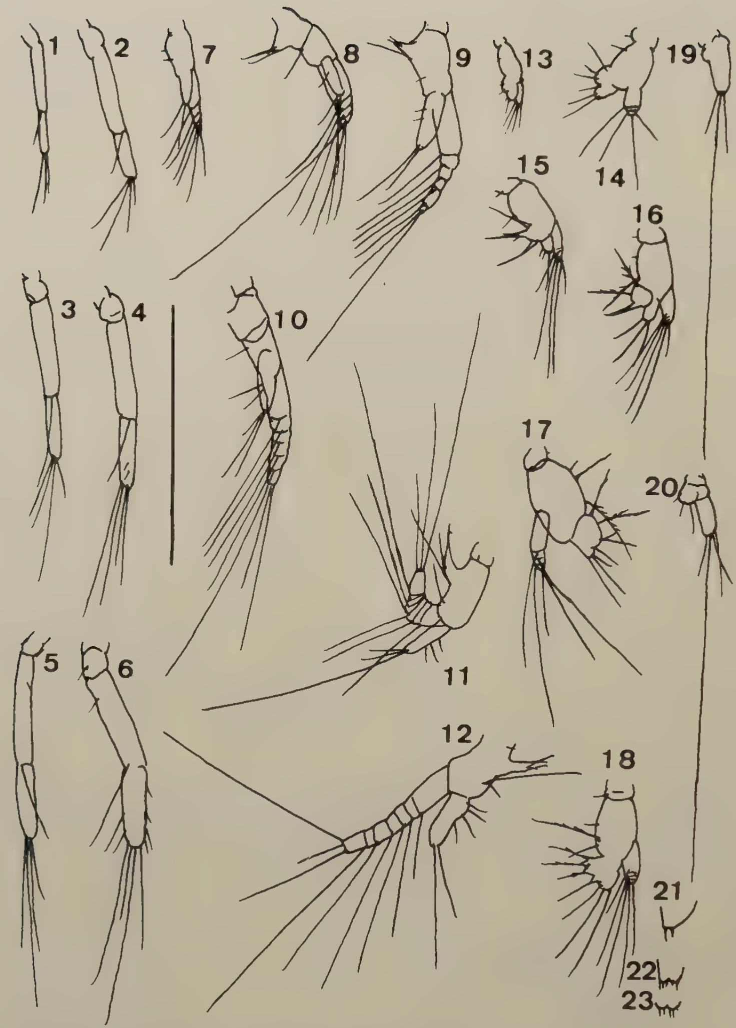



Fig. 50. Appendages of *Oncaea venusta* nauplii. Scale=0.1mm.
1-6: Antennules (Stage I-VI); 7-12: Antennae (Stage I-VI); 13-18: Mandibles (Stage I-VI); 19-20: Maxillules (Stage V, VI); 21: Maxillipede (Stage VI); 22, 23: 1st and 2nd swimming feet (Stage VI).

ある。内枝には側縁および先端に各3本の刺毛がある。外枝は，4節であり，第1～第3には各1本，更に，端節に2本の刺毛がある。第1下顎には内枝に3本，更に，外枝に3本および1本の長い刺毛がある。遊泳脚は原基として出現する。第1脚には内，外枝ともに3本の刺毛がある。第2脚には内枝に3本，更に，外枝に2本の刺毛がある。尾部保護装置として2本の長い触刺毛と数本の小さな棘がある。

九州南東部沿岸水域の *Oncaea mediterranea* ノープリウスは花岡（1952）によって報告されている。このノープリウスは黄色味のある赤褐色を付属肢およびその刺毛に現わしている。尾部の触刺毛は体長より短い。BJÖRNBERG（1972）はサントス（ブラジル）沖やキュラソー沖から

*Oncaea media* ノープリウスを報告した。このノープリウスは黄色ないし橙色であり，第1および第2触角の外枝が特に長い。*Oncaea media* は，*Oncaea venusta* ノープリウスに類似するが，尾触刺毛の長さが体長と等しいことでそれから区別できる。

(2) 米粒型（擬 *Oncaea* 型）

Corycaeidae

*Corycaeus* 属

体は，*Oncaea* のノープリウスに類似するが，腹部尾端が僅かに膨出した米粒型である。この膨出部に比較的長い数本の尾刺毛がある。腹部は *Calanus* 型ノープリウスのように屈曲しない。赤褐色の眼点は非常に小さい。各付属肢は比較的長い。大顎内枝に Cyclopoida 特有の熊手状の強い3本の刺毛がある。第1下顎は第4期に出現し，数本の刺毛を持つ内，外枝からなる原基である。外枝には1本の長い刺毛がある。遊泳脚は他種にみられるような原基としても，ノープリウス期には出現しない。

*Corycaeus*（*Ditrichocorycaeus*）*affinis* McMurrich（Fig. 51, 52. Table 2-(28)）

体はやや左右に側偏した卵型，すなわち米粒型である。体色は淡い黄褐色である。赤褐色の小さな眼点は左右の第1触角の中央に位置する。吻と上唇は比較的に小さい。上唇の後部は微細な棘で覆われている。最後のノープリウスについてみると，第1触角は捧状である。第1節に1本，第2節に2本の刺毛があり，端節先端の4本の刺毛は長く，腹縁の2本および背縁の2本の刺毛は短い。第2触角の底節には2本の強い咀しゃく用刺毛がある。基節には1本の刺毛および1本の強い咀しゃく刺毛がある。内枝側縁および先端に各々4本の刺毛がある。外枝は7節であり，各々0，2，1，1，1，1，3本の刺毛がある。大顎底節には，膨みはあるが， Calanoida のような歯のある咀しゃく突起がなく，1本の刺毛がある。基節には2本の刺毛および1本の咀しゃく突起がある。内枝の側縁には熊手状の強い刺毛があり，先端に5本の刺毛がある。外枝は4節であり，各節に1本の刺毛がある。第1下顎は，第4期に出現し，内枝に4本，更に，外枝に3本および1本の長い刺毛がある。体後端，腹側に4本の長い尾刺

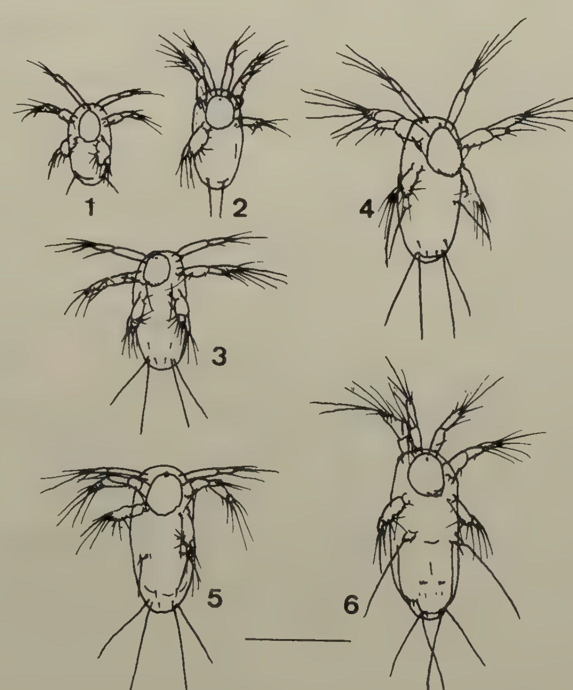



Fig. 51. Nauplii of *Corycaeus affinis*. Scale=0.1mm.
1-6: Stage I-VI.

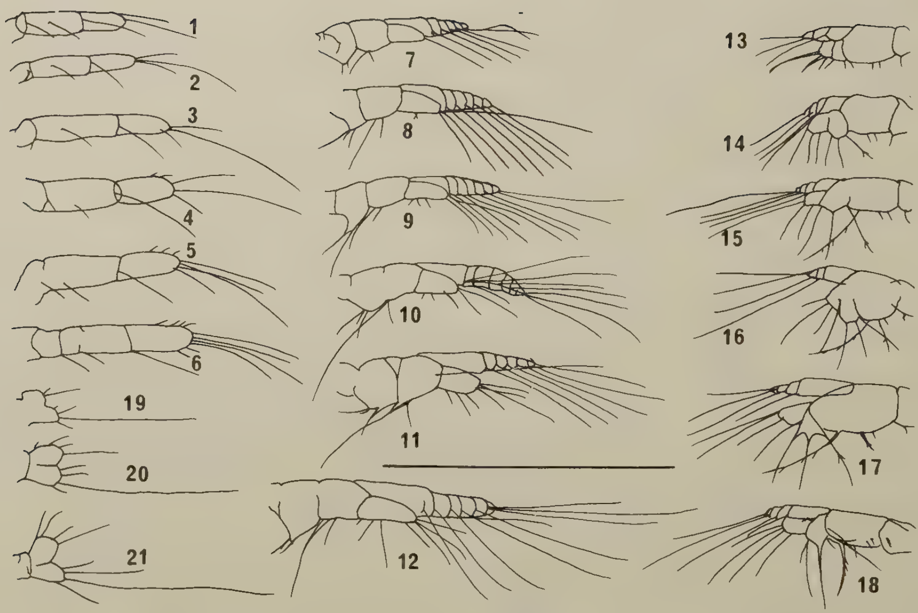



Fig. 52. Appendages of *Corycaeus affinis* nauplii. Scale=0.1mm.
1-6 : Antennules (Stage I-VI) ; 7-12 : Antennae (Stage I-VI) ;
13-18 : Mandibles (Stage I-VI) ; 19-21 : Maxillules (Stage IV-VI).

毛がある。腹部には極めて小さな6本の腹鉤がある。

本種は，九州北西部水域に普通に出現し，冬～春季に最も多く，採集される。雌の1回の産卵数は22～28個で，平均は20個である。産卵後，この雌は卵を生殖節の背縁に付着させている。卵は，不透明黄色であり，*Corycaeus speciosus* 卵のような透明ではなく，*Corycaeus crassiusculus* および *Corycaeus andrewsi* 卵のような緑色でもない。孵化は卵魂後部から始まる。飼育温度17.7～20.4℃では第1期は1～4日間，第2，第3，第5期は各々約1日間，第4および第6期は2～3日間であった。成長の速い個体は孵化から1週間で第1期のコペポダイト期に変化した。

*Corycaeus* (*Onchocorycaeus*) *pacificus* F. Dahl (Fig. 53, 54. Table 2-(29))

本種は，九州北西部沖合に出現する種であるが，*Corycaeus affinis* のような一般的出現種ではない。室内飼育によって本種のノープリウスの第2～第4期を観察できた。水温22℃における各期の期間は約1日であり，本種は毎日次の段階へ脱皮発育した。

米粒状体型は *Corycaeus affinis* および *Corycaeus speciosus* より丸

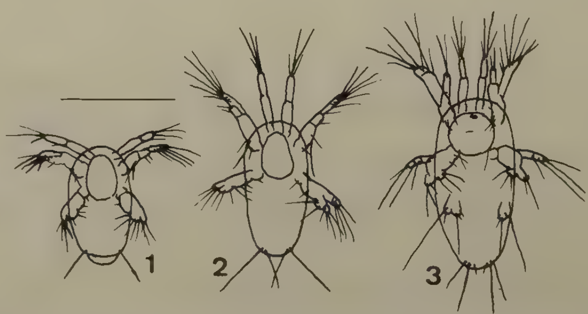



Fig. 53. Nauplii of *Corycaeus pacificus*. Scale=0.1mm.
1-3 : Stage II-IV.

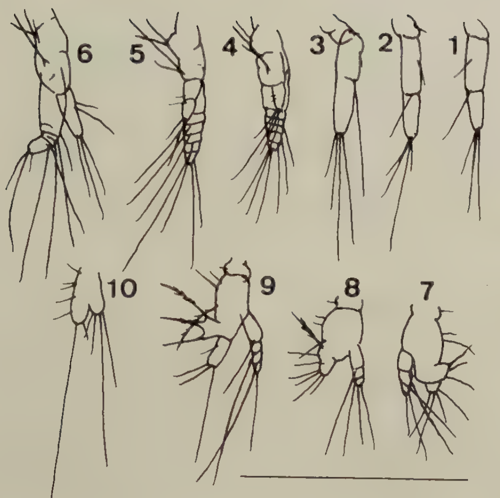



Fig. 54. Appendages of *Corycaeus pacificus* nauplii. Scale=0.1mm.
1-3: Antennules (Stage II-IV); 4-6: Antennae (Stage II-IV); 7-9: Mandibles (Stage II-IV); 10: Maxillule (Stage IV).

味がある。赤褐色の眼点は小さく，また，吻や上唇も小さい。体後部腹側の尾部保護装置は，第2期には1対の尾刺毛のみであるが，第3期には2対の尾刺毛になる。第4期には1対の小さな腹鉤が出現する。第4期ノープリウスの付属肢についてみると第1触角の第1節に1本，第2節に2本，更に，端節先端に4本の刺毛がある。第2触角の底節および基節に各々2本の刺毛がある。内枝内縁に2本，先端に3本の刺毛がある。外枝は，7節であり，第1～第7節の順に 0, 2, 1, 1, 1, 1, 2本の刺毛がある。大顎の底節に1本，基節に3本の刺毛がある。内枝には，内縁に熊手状の3本の刺毛および先端に4本の刺毛がある。外枝は4節であり，各節に1本の刺毛がある。第1下顎は第4期に2葉の原基として出現する。後期ではこの下顎の内，外葉にそれぞれ7本および4本の刺毛がある。

*Corycaeus* の付属肢は互に類似した構造を示す。特に，*Corycaeus pacificus* 付属肢の節および刺毛は *Corycaeus speciosus* に類似する。*Corycaeus affinis* は，大顎内枝先端の刺毛数が5本であり，これらの2種から識別される。

*Corycaeus* (*Corycaeus*) *speciosus* DANA (Fig. 55, 56. Table 2-(30))

本種は九州北西部沖合水域にしばしば出現する大型の *Corycaeus* である。本種のノープリウスは室内飼育によって第2，4，5期の3期のみが得られた。水温22℃の条件では孵化ノープリウスは，2日間で第2期に発育し，第2期のノープリウスは1日後第4期に，その翌日には第5

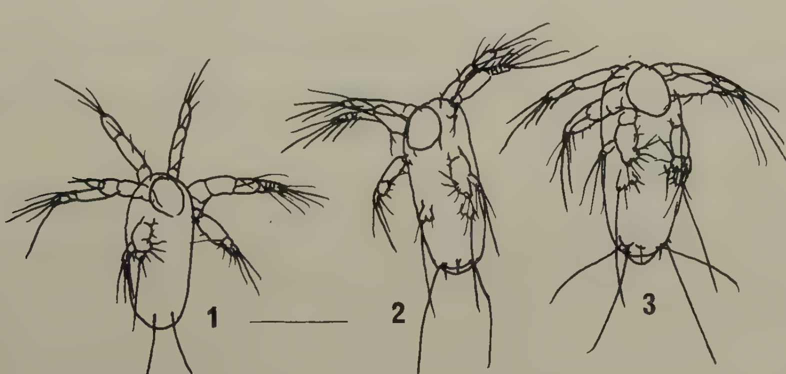



Fig. 55. Nauplii of *Corycaeus speciosus*. Scale=0.1mm.
1-3: Stage II, IV and V.

期に発育した。

体は *Corycaeus affinis* に似た米粒状である。眼点，吻および上唇は比較的小さい。尾部保護装置は，第2期には1対の尾刺毛のみであるが，第4期には2対の刺毛と1対の腹鉤であり，第5期には2対の尾刺毛および腹鉤である。第5期ノープリウスの第1触角の第1，第2節に各々2本の刺毛があり，端節の腹，背および先端には各々1，4，4本の刺毛がある。第2触角の底節ならびに基節には1本の太い刺毛および1本の細い刺毛がある。内枝の内縁には3本の刺毛があり，先端には4本の刺毛がある。外枝の7節には各々 0, 2, 1, 1, 1, 1, 2 本の刺毛がある。大顎の底節には1本，基節には3本の刺毛がある。内枝の内縁には3本の強い熊手状の刺毛があり，先端には4本の刺毛がある。外枝は4節であり，各々1，1，1，2本の刺毛がある。第1下顎は2葉の原基である。この内葉には4本，外葉には4本の刺毛があり，この中の1本は極めて長い。

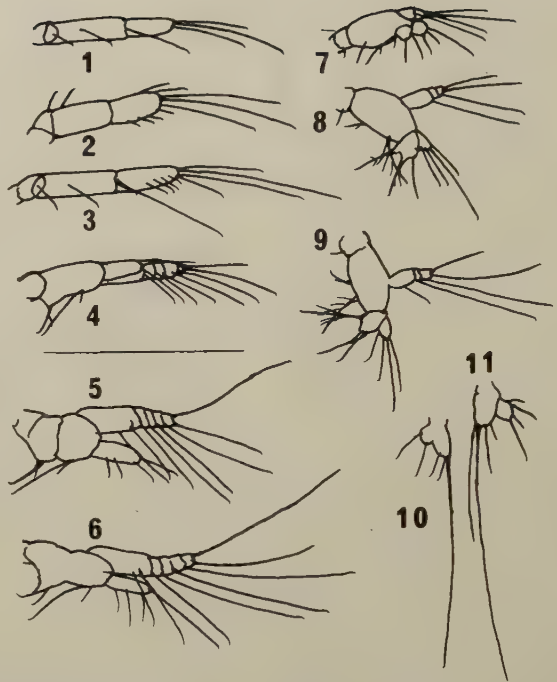



Fig. 56. Appendages of *Corycaeus speciosus* nauplii. Scale=0.1mm.
1-3: Antennules (Stage II, IV-V); 4-6: Antennae (Stage II, IV-V); 7-9: Mandibles (Stage II, IV-V); 10, 11: Maxillules (Stage IV, V).

BJÖRNBERG (1972) は *Corycaeus speciosus* の第1期ノープリウスを南米のキュラソーから報告した。このほか，彼女は *Corycaeus giesbrechti* および *Corycaeus amazonicus* 第1，第2期ノープリウスを報告している。

このように *Corycaeus* については *Corycaeus affinis* 以外は一部のノープリウスが観察されているのみである。そのための種間の比較検討ができない。しかし，*Corycaeus affinis* は第1下顎の内，外葉に各々1本の長い刺毛があり，これによって他種と識別できると考えられる。

Table 2. Seggmentation and setation of appendages of nauplii.
(Numerals: numbers of setae; h: hook; s: spine; ss: many spines; mp: masticatory process; tp: toothed process; a: aesthete; +: indicates separate groups of setae; basip: basipodite; endop: endopodite; exop: exopodite; vent: ventral; dors: dorsal; lat: lateral; term: terminal; rud: rudimentary; Roman numerals: indicates stage of nauplius)

**Calanoida**

(1) *Calanus sinicus* (I-VI)

Body length (mm): 0.19; 0.22; 0.304; 0.391; 0.45; 0.52.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 3(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•4; 1•2•4; 3•4•4; 4•6•4; 5•8•4.

Antenna: coxa: 1mp+1; 2mp+1(II-VI), basip: 2+1; 1mp+1+1; 1mp+2+1; 1mp+2+2(IV-VI), endop (lat•term): 1•2; 2•3; 3•4(III-IV); 4•5(V-VI), exop: 0•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•1•3; 0•3•1•1•1•1•3(IV-V); 0•4•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 1(I-III); 1tp+1(IV-VI), basip: 2(I-II); 1+2; 1+4; 1mp+4; 1mp+5, endop: 1st•2nd segm(lat+term): 2•(1+2); 3•(2+3); 3•(2+4); (3+2)•(2+4)(IV-VI), exop: 1•1•1•2; 2•1•1•1•2 (II-VI).

Maxillule (precoxa•coxa•basip•endop•exop): 0•0•0•5•3(IV); 2•2•(1+2)•(2+2+4)•5(V); 4~8•(2+1)•(4+2)•(2+2+4)•7(VI).

Maxilla: 0•2(VI). The 1st and 2nd foot: rud(VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-VI), end hooks(spines): 2(III-VI), ventral hooks(spines): 2(III); 4(IV-VI), lateral hooks(spines): 6(IV-VI), small spines: 3 rows(III).

(2) *Undinula vulgaris* (I-VI)

Body length(mm): 0.15; 0.20; 0.27; 0.35; 0.44; 0.50.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 3(I-VI), 3rd segm(ventral•dors•term): 0•0•3; 0•0•4; 1•2•4; 3•4•4; 4•6•4; 5•8•4.

Antenna: coxa: 0; 1; 2mp+1(III-VI), basip: 0(I-II); 1mp+2+1(III); 1mp+2+2(IV-VI), endop(lat•term): 0•2; 2•2; 2•4; (1+2)•4; (1+2)•5; 4•5, exop: 0•1•1•1•3(I-II); 0•2•1•1•1•1•3(III-IV); 0•1•1•1•1•1•3(V-VI).

Mandible: coxa: 0(I); 1(II-III); 1tp+1(IV-V); 1tp+2(VI), basip: 0; 2; 3; 4(IV-VI), endop(lat•term): 0; 3•(2+3); 4•(2+4)(III-VI), exop: 1•1•1•2; 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule(coxa•basip•endop•exop): 0•0•4•4(IV); 2•2•(2+4)•6(V); ? (VI).

Maxilla, Maxillipede, The 1st and 2nd feet: rud(VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-VI), end hooks(spines): 2(III-VI), ventral hooks(spines): 2(III); 4(IV-VI); lateral hooks(spines): 6(IV-VI), small spines: ss(III-VI).

(3) *Eucalanus pileatus* (I-VI)

Body length(mm): 0.23; 0.28; 0.35; 0.42; 0.49; 0.55.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 1(I); 2+1(II-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 1?•0•4; 1•2•4; 2•4•4; 3•6•4; 4•8•4.

Antenna: coxa: 1(I-II); 2mp(III-VI), basip: 0; 1+1; 2+1; 2+1+1(IV-VI), endop(lat•term): 0•2; 2•3; 2•4; 3•4(IV-V); 4•5, exop: 0•1•1•1•1•2; 0•(1+1)•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•3; 0•(2+1)•1•1•1•1•3; 0•3•1•1•1•1•1•3; 0•4•1•1•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 0(I); 1(II-III); 1tp+1(IV-VI), basip: 1(I-II); 3(III); 4(IV); 5(V-VI), endop(lat•term): 1•2; 2•(2+2); (2+2)•(2+4)(III-VI), exop: 1•1•2(I); (1+1)•1•1•2(II-VI).

Maxillule(endop•exop): 3+2(rud, IV); 5•4(V); 7•5(VI).

Maxilla: rud(VI). Maxillipede: 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop): 2•3(rud, VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•1(rud, VI).

Caudal armature: end setae: 0; 2; 4(III-VI), ventral hooks: 2(III); 4(IV-VI).

(4) *Rhincalanus cornutus* (II, III, V)

Body length(mm): 0.46; 0.68; 1.20.

Antennule: 1st segm: 1(II-III, V), 2nd segm: 1+ss(II-III, V), 3rd segm(vent•dors•term): 0•ss•4(3+a); 1s•2•4(3+a); (2+2)•6•4(3+a).

Antenna : coxa : 1mp+1(II-III, V), basip : 1(II-III) ; (1+1)•1(V), endop(lat•term) : 1•3(II-III) ; 2•(1+3)(V), exop : 0•2•1•1•1•2 ; 0•2•1•1•1•1•2 ; 0•3•1•1•1•1•2.

Mandible : coxa : 1 ; 1tp ; 1tp+1, basip : 2 ; 3 ; 4+1, endop(lat•term) : (1+1)•(1+3) ; 3•4 ; (3+1)•4, exop : 2•1•1•2(II-III, V).

Maxillule : 1+1(V).

Caudal armature : end spines : 1+1(II-III, V), end setae : 2+2(III, V), ventral hooks : 2(III, V), lateral hooks : 4(V).

(5) *Paracalanus aculeatus* (I, III-V)

Body length(mm) : 0.084 ; 0.155 ; 0.21 ; 0.22.

Antennule : 1st segm : 0(I, III-V) ; 2nd segm : 0(I) ; 3(III-V), 3rd segm(vent•dors•term) : 0•0•3 ; 1•2•4 ; 3•4•4 ; 4•6•4.

Antenna : coxa : 0(I) ; 1mp? (IV-V), basip : 0 ; 2+1 ; 2+2(IV-V), endop(lat•term) : 0•2 ; 1•3 ; 2•3(IV-V), exop : 0•1•1•1 ; 0•2•1•1•1•1•3 ; 0•2•1•1•1•1•1•3.

Mandible : coxa : 0(I) ; 1(III) ; 1tp+1(IV-V), basip : 1(I) ; 3(III) ; 4(IV-V), endop : 1st•2nd segm(lat+term) : 0•2 ; 3•(2+4)(III-V), exop : 1•1•1•1(I) ; 1•1•1•2(III-V).

Maxillule : rud(IV) ; 1+6+s(V).

Caudal armature : end setae : 2(I, III-V), end hooks : 2(III-V), ventral hooks : 2(III) ; 4(IV-V), lateral hooks : 6(IV-V), small spines : ss(III-V).

(6) *Acrocalanus gibber* (I, II)

Body length(mm) : 0.095 ; 0.12.

Antennule : 1st and 2nd segm : 0(I-II), 3rd segm(term) : 3 ; 4.

Antenna : coxa : 0 ; 1mp+1, basip : 0 ; 1, endop(term) : 3 ; 3, exop : 0•1•1•1•1•2 ; 0•2•1•1•1•2.

Mandible : coxa : 0 ; 1, basip : 0 ; 3, endop : 1st•2nd segm(lat+term) : 0•2 ; 3•(1+2), exop : 1•1•1•1 ; 1•1•1•2.

Caudal armature : end setae : 2 ; 2.

(7) *Acrocalanus gracilis* (III, IV)

Body length(mm) : 0.13 ; 0.19.

Antennule : 1st segm : 0(III-IV), 2nd segm(III-IV), 3rd segm(vent•dors•term) : 1•2•4 ; 3•4•4.

Antenna : coxa : 2mp+1(III-IV), basip : 1mp+1+1 ; 1mp+2+2, endop(lat•term) : 2•3(III-IV), exop : 0•1•1•1•1•3 ; 0•2•1•1•1•3.

Mandible : coxa : 1 ; 1tp, basip : 4 ; 4, endop : 1st•2nd segm(lat+term) : 3•(2+3) ; 3•(2+4), exop : 1•1•1•2 ; 2•1•1•2.

Maxillule(end•exop) : 5•4(rud, IV).

Caudal armature : end setae : 2 ; 2, end hooks : 2 ; 2, ventral hooks : 2 ; 4, lateral hooks : 6(IV), small spines : ss(III-IV).

(8) *Pareuchaeta russelli* (I-VI)

Body length(mm) : 0.41 ; 0.42 ; 0.44 ; 0.48 ; 0.52 ; 0.57.

Antennule : 1st segm : 0(I-VI), 2nd segm : 1(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term) : 0•0•3 ; 0•0•4 ; 0•ss•4 ; 0•(2+2)•4 ; 0•(4+2+ss)•4 ; (1+ss)•(6+ss)•(4+ss).

Antenna : coxa : 0(I-VI), basip : 0(I-VI), endop(lat•term) : 1•2 ; 1•3 ; 2•3(III-VI), exop : 0•1•1•1•1•2(I-II) ; 0•2•1•1•1•3(III-VI).

Mandible : coxa : 0(I-VI), basip : 0(I-VI), endop(lat•term) : 0•2(I) ; 1•3(II-III) ; 2•3(IV-VI), exop :

1•1•1•2(I–III), 1•1•1•1•2(IV–V), 1•1•1•1•3(VI).

Maxillule(endop•exop) : 3•6(VI). Maxilla : rud(VI). Maxillipede : 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop) : 3•3(VI). The 2nd foot(endop•exop) : 2•2(VI).

Caudal armature : end setae; 0(I) ; 2(II–V) ; 6(VI).

(9) *Centropages abdominalis* (I–VI)

Body length(mm) : 0.10; 0.143; 0.187; 0.223; 0.256; 0.28.

Antennule : 1st segm : 0(I–VI), 2nd segm : 2(I–VI), 3rd segm(vent•dors•term) : 0•0•3; 0•0•(3+1); 0•2•(3+1); 0•4•(3+1); 0•6•(3+1); 0•(6+ss)•(3+1).

Antenna : coxa : 1(I); 1mp+1(II) : 2mp+1(III–VI), basip : 1(I); 1mp+1(II); (1mp+2)•1(III), (1mp+2)•2(IV–VI), endop(lat•term) : 0•2; 2•3; 2•4; 3•4; 4•5(V–VI), exop : 0•1•1•1•1; 0•2•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•3; 0•3•1•1•1•3; 0•3•1•1•1•1•3; 0•5•1•1•1•1•3.

Mandible : coxa : 1(I–III); 1tp+1(IV–VI), basip : 0(I); 3mp(II–III); 4mp(IV–VI), endop(lat•term) : 1•(1+2)(I); 3mp•(2+4)(II–III); 4mp•(2+4)(IV–VI), exop : 1•1•1•1(I); 1•1•1•2(II–III); 2•1•1•2(IV–VI).

Maxillule(precoxa•coxa•basip•endop•exop) : rud(IV–V); 2s•1s•4•7•8(VI).

Maxilla : 8(rud, VI). Maxillipede : 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop) : 3•5(VI). The 2nd foot(endop•exop) : 2•3(VI).

Caudal armature : end setae : 1+1(dors)(I–VI), end hooks : 2(III–VI), ventral hooks : 2(III–VI), small spines : ss(III–VI).

(10) *Centropages yamadai* (I–IV)

Body length(mm) : 0.105; 0.142; 0.17; 0.20.

Antennule : 1st segm : 0(I–IV), 2nd segm(I–IV), 3rd segm(vent•dors•term) : 0•0•3; 0•0•(3+1); 0•2•(3+1); 0•4•(3+1).

Antenna : coxa : 1(I); 1mp(II); 2mp+1(III–IV), basip : 1mp+1; 1mp+1+1; 1mp+2+1; 1mp+2+2, endop(lat•term) : 1•2; 2•3; 2•4; 2•4, exop : 0•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•3; 0•3•1•1•1•3.

Mandible : coxa : 1(I–II); 1tp+1(III–IV), basip : 1mp(I); 2mp(II–III); 4(IV), endop(lat•term) : 1•(1+2)(I); 3mp•(2+3)(II–III); 4mp•(2+4).

Maxillule(endop•exop) : 3•3(IV).

Caudal armature : end setae : 1+1(dors)(I–IV), end hooks : 2(III–IV), ventral hooks : 2(III–IV), small spines : ss(III–IV).

(11) *Sinocalanus tenellus* (I–VI)

Body length(mm) : 0.11; 0.16; 0.215; 0.28; 0.36; 0.43.

Antennule : 1st segm : 1(I–VI), 2nd segm : 2(I–VI), 3rd segm(vent•dors•term) : 0•0•3; 0•ss•4; 1•(2+4s)•4; 3•(4+4s)•4; 4•(6+ss)•4; 5•(8+ss)•4.

Antenna : coxa : 1(I); 2mp+1(II–VI), basip : 1+1; 1mp+2+2(III–VI), endop(lat•term) : 1•2; 1•(1+2); 2•(2+2); 3•(2+2); 4•(2+2); 4•(3+2), exop : 0•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•1•3; 0•2•1•1•1•1•1•1•2; 0•4•1•1•1•1•1•1•2.

Mandible : coxa : 1(I–III); 1tp+1(IV–VI), basip : 0•2; 3; 4(IV–VI), endop(lat•term) : 2•(1+2); 3•(2+3); 3•(1+2+2); 3•(2+2+2); 4•(2+2+2)(V–VI), exop : 1•1•1•1(I); 1•1•1•2(II–III); 2•1•1•2(IV–VI).

Maxillule(precoxa•coxa•basip•endop•exop) : 1(bud, III); 0•0•0•(2+3)•3(rud, IV); 0•2•2•(2+2)•5(V); (1+1)•2•2•(2+2)•(2+4)(VI).

Maxilla : ?. Maxillipede : rud(V), 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop) : (1+2)•(3+1)(VI). The 2nd foot(endop•exop) : 2•(2+1)(VI).

Caudal armature: end spines: 2(I-VI), end setae: 2(III-VI), ventral hooks: 2(IV), 2+2(V, VI), lateral hooks: 4(II); 6(III-VI), small spines: ss(II-VI).

(12) *Temora turbinata* (I-VI)

Body length(mm): 0.11; 0.15; 0.18; 0.21; 0.24; 0.27.

Antennule: 1st segm: 1(I-VI), 2nd segm: 2(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•4; 1•2•4; 2•4•4; (2+2)•(6+4s)•4; (2+3)•(8+4s)•4.

Antenna: coxa: 1; 1+1; 2mp+1(III-VI), basip: 1; 1mp+1+1; 1mp+2+1(III-VI), endop(lat•term): 1•2; 2•3; 3•4(III-IV); 4•(3+2)(V-VI), exop: 0•2•1•1•2; 0•2•1•1•1•2; 0•3•1•1•1•1•2; 0•3•1•1•1•1•3(IV-V); 0•(3+1s)•1•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 1(I-III); 1tp+1(IV-VI), basip: 2; 2; 3; 5(IV-VI), endop(lat•term): 2•(1+2)(I); 3•(2+3)(II-III); (3+1)•(2+2+2)(IV-VI), exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-IV); 1•1•1•1•2(V-VI).

Mandible: coxa: 1(I-III); 1tp+1(IV-VI), basip: 2(I-II); 3(III); 5(IV-VI), endop(lat•term): 2•(1+2)(I); 3•(2+3)(II-III); (3+1)•(2+2+2)(IV-VI), exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-IV); 1•1•1•1•2(V-VI).

The 1st foot(endop•exop): 3•3(rud, VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•2(rud, VI).

Caudal armature: end spines: 1+1(I-VI), end setae: 1+1(III-VI), ventral hooks: 2(III), 2+2(IV-VI), lateral hooks: 2+2(IV); 2+2+2(V); 2+2(VI), small spines: ss(III-VI).

(13) *Eurytemora pacifica* (I-VI)

Body length(mm): 0.135; 0.18; 0.22; 0.255; 0.30; 0.36.

Antennule: 1st segm: 1(I-VI), 2nd segm: 2(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•ss•4; 1•2•4; 3•4+ss•4; 4•6•4(V-VI).

Antenna: coxa: 0; 1+1; 2+1(III-VI), basip: 1mp+1+1(I-II); 1mp+2+1(III); 1mp+2+2(IV-VI), endop(lat•term); 2•2; 2•3; 3•(2+2)(III-IV); 3•(2+3); 4•(2+3), exop: 0•1•1•3; 0•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•3; 0•(1+2)•1•1•1•1•3(IV-V); 0•(1+3)•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 1(I-III); 1tp+1(IV-VI), basip: 1; 2; 4; 5(IV-VI), endop(lat•term): 2•(2+2); 3•(2+2); 4•(2+3); 4•(2+4)(IV-VI), exop: 1•1•1•2; 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule(coxa•basip•endop•exop): 1(rud, III); 0•0•(2+2)•3(IV); 2•(2+2)•(2+3)•5(V); 2•(2+2)•(3+4)•7(VI).

Maxilla: rud(VI). Maxillipede: 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop): 3•(2+1+2s)(V-VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•2(rud, V); 2•3(rud, VI).

Caudal armature: end spines: 2(I); 1+1(II-V); (1+1)•(1+1)(VI), end setae: 1+1(III-VI), small spines: ss(II-VI).

(14) *Pseudodiaptomus marinus* (II-VI)

Body length(mm): 0.15; 0.21; 0.24; 0.32; 0.37.

Antennule: 1st segm: 1(II-VI), 2nd segm: 2(II-VI), 3rd segm(vent•dors•term): ss•ss•(3+a); 1s•(2+3s)•(3+a); 4•(4+3s)•(3+a); 4•(6+2s)•(3+a); 4•(8+2s)•(3+a).

Antenna: coxa: 1(II); 2mp+1(III-VI), basip: 1mp+1+1(II); 1mp+2+1(III-VI), endop(lat•term): 1•3; 2•4; 3•4; 3•(3+3); 4•(3+3), exop: 0•1•1•1•1•3; 0•1•1•1•1•1•3; 0•(1+2)•1•1•1•1•3(IV-V); 0•(1+3)•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 1(II-IV); 1tp+1(V-VI), basip: 2(II-III); 4(IV-VI), endop(lat•term): (2+2)•3; (3+2)•3; (3+2)•(2+2+2)(IV-VI), exop: 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule(endop•exop): 1(rud, III); 3•6(IV); 4•9(V); 7•(2+2+3+2)(VI).

Maxilla(coxa•basip•endop): 2•(2+2)•(2+4+4)(VI). Maxillipede: 2(VI)

The 1st foot: 3•2(VI). The 2nd foot: 3•2(VI).

Caudal armature: end spines(setae): 1+1(dors)(II-III); 1+1(dors)+2(IV); 1+1(dors)+2+2(V); 1+1+2(dors)+2+2(VI), small spines; 3 rows(II), 2 rows+ss(III).

(15) *Labidocera acuta* (I-VI)

Body length(mm): 0.174; 0.27; 0.37; 0.47; 0.55; 0.65.

Antennule: 1st segm: 1(I-VI). 2nd segm: 1+1(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; ss•ss•4; 1•2•4; 3•4•4; 4•(2+2+2)•4; 5•(2+2+2)•4.

Antenna: coxa: 1; 1mp; 1mp+1(III-VI), basip: 1mp+1; 1mp+1+1; 1mp+2+1(III-VI), endop(lat•term): 1•2; 2•3; (4+2+ss)•3(III-IV); (4+2+ss)•4(V-VI), exop: 0•1•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•2; 0•3•1•1•1•3(III-IV); 0•4•1•1•1•3; 0•5•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 1(I-II); 2(III); 1mp+1(IV-VI), basip: 2(I-II); 3(III); 4(IV); 5(V-VI), endop(lat•term): 2•(1+2); (3+1)•3; (3+2)•5(III-V); (3+2)•6, exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule: 1(bud, III); 6(IV-V); 11(VI). Maxilla: rud(VI).

The 1st foot(endop•exop): 3•3(VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•3(VI).

Caudal armature: end spines: 2(I); 1+1(II-III); 4(IV-VI), ventral hooks: 2(V-VI), lateral hooks: 2(V-VI), small spines: 1 row(II-III); 3 rows(IV); 5 rows(V-VI).

(16) *Pontellopsis yamadae* (I-III)

Body length(mm): 0.215; 0.33; 0.485.

Antennule: 1st segm: 0(I-III), 2nd segm: 1; 1+1; 2, 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•2; 0•0•4; 1•(1+ss)•5.

Antenna: coxa: 1; 1; 2mp+1, basip: 0; 2+1; 1mp+2+1, endop(lat•term): 1•2; 2•3; 3•5, exop: 0•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•3; 0•1•1•1•1•1•3.

Mandible: coxa: 0(I-II); 1(III), basip: 0; 1; 2, endop(lat•term): 1•2(I), 3•(3+2)(II-III), exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-III).

Maxillule: 1(bud, III).

Caudal armature: end spines: 2(I-III), end setae: 2(II-III), ventral hooks: 2(III), small spines: 4 rows+ss.

(17) *Acartia clausi* (I-VI)

Body length(mm): 0.09; 0.12; 0.152; 0.185; 0.217; 0.250.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 2+1s(I-II); 2+1s+ss(III-IV); 2+1(V-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•4; 1•(2+ss)•(3+1); 1•3•(3+1); 1•4•(3+1); 1•6•(3+1).

Antenna: coxa: 1(I); 1+1(II-IV); 1mp+1(V-VI), basip: 1+1(I-IV); 1mp+1(V-VI), endop(lat•term): 1•2; 1•(1+2); 2•4(III-IV); 2•(1+4)(V-VI), exop: 0•1•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•2; 0•2•1•1•1•1•2(III-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI), basip: 2(I-II); 2+ss(III-IV); 2+1+ss; 2mp+1, endop(lat•term): 2•(1+2)(I); (2+1)•(2+2+2)(II-VI), exop: 1•1•1•2(I-II); 2•1•1•2(III-VI).

Maxillule: 1(rud, III); 1+2(rud, IV-VI).

Maxilla: 3(rud, VI). Maxillipede: 1(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop): 3•(2+2)(V); (1+2)•(2+2s)(VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•2(rud, VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-VI), end spines: 2(III-VI), ventral hooks: 2(IV-VI), small spines: ss (I-VI).

(18) *Acartia erythraea* (I-V)

Body length(mm): 0.114; 0.124; 0.167; 0.21.

Antennule: 1st segm: 0(I-V), 2nd segm: 2+1s(I-V), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•(3+1); 1•2•(3+1); 1•3•(3+1); 1•4•(3+1).

Antenna: coxa: 1mp+1(I-V), basip: 1mp+1(I-V), endop(lat•term): 1•3; 2•3; 2•4(III-V), exop: 0•2•1•1•1•2(I-II); 0•2•1•1•1•3(III-V).

Mandible: coxa: 1(I-V). basip: 2(I-II); 2+ss(III-V), endop(lat•term): 3•(2+3)(I-II); 3•(2+2+2)(III-V), exop: 1•1•1•1; 1•1•1•2; 2•1•1•2(III-V).

Maxillule: 1(rud, III); 1+2(IV); 3+2(V).

Caudal armature: end setae: 2(I-V), end hooks: 2(III-V), ventral hooks: 2(IV-V), small spines: ss(I-V).

(19) *Tortanus forcipatus* (I-VI)

Body length(mm): 0.127; 0.15; 0.19; 0.23; 0.263; 0.32.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 1+1s(I-II); 1+2s(III-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•4; 1•0•4; 1•3s•4; 1•6s•4.

Antenna: coxa: 1(I-II); 2mp(III-VI), basip: 1(I); 1mp+1+1(II-VI), endop(lat•term): (1+1)•2; (1+1)•3; (2+1)•(1+3); (2+1)•4(IV-VI), exop: 0•1•1•1•2(I), 0•2•1•1•1•2(II-III); 0•2•1•1•1•1•2(IV-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI), basip 2(I); 3(II); 4(III-VI), endop(lat•term): (2+1)•2; 3•4; 3mp•(1+3); 3mp•(2+2)(IV-VI), exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule: 1(bud, III); 2(rud, IV-V); rud(VI).

Maxilla: 2(rud, V); rud(VI). Maxillipede: 1(rud, V); 2(rud, VI).

The 1st foot(endop•exop): 3•2(rud, VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•2(rud, VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-VI), end spines: 2(III-VI), ventral hooks: 2(III-VI).

**Harpacticoida**

(20) *Longipedia brevispinosa* (I-VI)

Body length(mm): 0.10; 0.13; 0.16; 0.18; 0.22; 0.23.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm(3 parts): 3(I-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•ss•(2+a); 0•(1+ss)•(3+a); 1•(2+ss)•(3+a); 2•(4+ss)•(3+a); 4•(6+ss)•(3+a); 5•(6+ss)•(3+a).

Antenna: coxa: 1mp+1+4ss; 1mp+1; 2mp+1(III-VI), basip: 2mp+1+1(I-III); 2mp+1+2(IV-VI), endop(lat•term): 2•2; 2•3; 3•4(III-IV); (1+3)•4(V-VI), exop: 0•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•1•2; 0•1•1•1•1•3; 0•1•1•1•1•1•1•1•3; 0•2•1•1•1•1•1•1•3(V-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI). basip: 2; 3; 4; 4+ss(IV-VI), endop(lat•term): 2•4; (3+1)•(4+1); (3+1)•(4+2); (3+2)•(4+2)(IV-VI). exop: 1•1•1•2(I); 2•1•1•2(II-VI).

Maxillule(endop•exop): 1(II-III), 2•(1+1+1); (2+2)•(2+1+2); (4+2+2)•(2+1+2).

Maxilla: rud(VI). Maxillipede: rud(VI).

The 1st foot(endop•exop): 2•(1+2s)(VI). The 2nd foot(endop•exop): 2•(1+1s)(VI).

Caudal armature: end spine(median spine): 1(I-VI), end setae: 2(vent, I); 2(II); 2+2(III-VI), ventral setae: 2(III-VI), ventral hooks: 2(IV-VI).

(21) *Longipedia weberi* (I-VI)

Body length(mm): 0.12; 0.13; 0.16; 0.18; 0.21; 0.24.

Segmentation and setation of appendages of *L. weberi* are like that in *L. brevispinosa* with some exceptions. Antennule: 3rd segm(vent•dors•term): 1•ss•(3+a)(II), 4•(6+ss)•(3+a)(VI). Antenna: coxa; 1mp+4ss(I); 1mp+1+ss(II); 2mp+1+ss(III-VI), exop: 0•1•1•1•1•3(II). Caudal armature: end spine(median spine): 1(I-IV); absent(V-VI). ventral hooks: 2(III); 2+2(IV-VI).

(22) *Microsetella norvegica* (I-VI)

Body length(mm): 0.091; 0.12; 0.14; 0.17; 0.20; 0.23～0.26.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 1(I); 2+1(II-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•(2+a)(I);

0•0•(1+2+a)(II-III); 0•1•(1+2+a)(IV-V); 1•2•(1+2+a)(VI).

Antenna: coxa: 1(I-VI), basip: 1h+2(I); 1mp+3(II-VI), endop(lat•term): 0•2; (1+ss)•2; (2+ss)•2(III-VI), exop: 0•1•1•1•2(I); 0•2•1•1•2(II-V); 0•(2+ss)•1•1•2(VI).

Mandible: coxa: 0(I); 1(II-VI), basip: 1(I); 2(II-VI), endop: 1+2(I); 2mp+2+2(II-V); 2mp+5 (VI), exop: 1•1•2(I-VI).

Maxillule: 1(IV); 1+1s(V-VI).

The 1st foot(endop•exop): rud(V); 2•2(VI). The 2nd foot(endop•exop): rud(V); 3•3(VI).

Caudal armature: end process(median process): 1(I-III); absent(IV-VI), end spines: 2(vent, I-II); 2(term, III); 2+2(IV); 2+2+2(V-VI), end setae: 2s(vent, II); 2(term, III-VI), small spines: 1 row (I-II); 2 rows(III); ss(IV-VI).

(23) *Tisbe furcata* (I-VI)

Body length(mm): 0.078; 0.105; 0.124; 0.14; 0.15; 0.166.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 2+?(I); 3(II); 2+2(III-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•(2+a); 0•0•(3+a)(II-III); 1•2•(3+a); 2•4•(3+a); 2•4•(3+a)•ss(vent~dors)(V-VI).

Antenna: coxa: 1tp+1(I); 1tp+1mp+1(II-VI), basip: 1mp+2(I-II); 2mp+2(III-VI), endop(lat•term): 1•(1h+1)(I-II); 2•(1h+1)(III-VI), exop: 0•1•1•1•(1+1)(I); 0•2•1•1•2(II-IV); 0•1•1•1•1•2(V-VI).

Mandible: coxa: 0(I-VI), basip: 1(I); 2(II-VI), endop(lat•term): 2h•(2+1)(I); 3h•(2+2)(II-III); 3h•(3+2)(IV); (3h+1)•(3+2)(V-VI), exop: 1•1•2(I); 2•1•2(II-VI).

Maxillule(endop•exop): 1(II-III); 2•2(IV-VI).

Maxilla, Maxillipede, The 1st and 2nd foot: rud(VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-II); 2+2(III); 2+4(IV); 2+6(V-VI).

(24) *Euterpina acutifrons* (I-VI)

Body length(mm): 0.09; 0.108; 0.127; 0.15; 0.175; 0.194.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 3(I); 3+ss(II-VI), 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•3; 0•0•(2+a); 1•2•(2+a); 2•4•(2+a)(IV-VI).

Antenna: coxa; 1mp(I); 1tp+1+1(II-VI), basip: ?, endop(lat•term): 1•(2+ss)(I-V); 1•(3+ss)(VI), exop: 0•1•1•(1+1)(I); 0•1•1•1•(1+1)(II); 0•1•1•1•(1+2)(III-VI).

Mandible: coxa: 0(I); 1(II-VI), basip: 0(I); 2(II-VI), endop(lat•term): 0(I); 1h•4(II-VI), exop: 1•1•1(I-II); 1•1•2(III-VI).

Maxillule: rud(VI).

Caudal armarute: end process: present(I-II); absent(III-VI), end setae: 2(I-IV); 2+2(V-VI), small spines: 1row(II); 2 rows(III); 3 rows(IV-VI).

(25) *Tigriopus japonicus* (I-VI)

Body length(mm): 0.12; 0.14; 0.17; 0.19; 0.22; 0.24.

Antennule: 1st segm: 1(I-VI), 2nd segm: 2+1s(I-VI); 3rd segm(vent•dors•term): 0•0•(2+a); 1•0•(3+a); 1•2•(3+a); 1•5•(3+a); 3•5•(3+a)(V-VI).

Antenna: coxa: 1tp+1(I-VI), basip: 2+1+ss(I-VI), endop(lat•term): (1h+1)•(1h+1s)(I-VI). exop: (1+ss)•1•(1+2+1s)(I-V); (1+ss)•1•1•(1+4+1s)(VI).

Mandible: coxa: 1(I-V); 1tp+1(VI), basip: 1h+ss(I-VI), endop: 1h+3(I-III); 1h+4(IV); 1h+5(V-VI), exop(1st•2nd segm): 0•(1+2+ss)(I); ss•(1+2+ss)(II); (1+ss)•(1+2+ss)(III-IV); (1+1+ss)•(1+2+ss)(V-VI).

Maxillule: 1(III); 2+ss(IV-VI).

Maxilla: rud(V-VI). Maxillipede, The 1st and 2nd foot: rud(VI).

Caudal armature: end setae: 2(I); 2+2(II); 2+2+2(III); 2+2+2+2(IV-VI), small spines: 1 row(III); 3 rows(IV-VI).

**Cyclopoida**

(26) *Oithona brevicornis* (I-VI)

Body length(mm): 0.09; 0.10; 0.11; 0.12; 0.13; 0.15.

Antennule: 1st segm: 0(I-VI), 2nd segm: 3(I-VI), 3rd segm(vent·dors·term): 0·1·3; 0·0·4; 0·2·4; 0·4·4; 0·6·4; 6·8·4.

Antenna: coxa: 2(I); 3(II-VI), basip: 2+1(I-III); 4(IV-VI), endop(lat·term): 2·2(I); 2·3(II-III); (2+1)·3(IV-VI), exop: 0·2·1·1·2(I); 0·2·1·1·1·2(II-III); 0·3·1·1·1·1·3(IV-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI), basip: 1(I); 2(II-III); 2+1(IV-VI), endop: 1st+2nd segm(lat·term): 1·(2+2)(I); 3·(2+3)(II-VI), exop: 1·1·2(I); 1·1·1·1(II-VI).

Maxillule(precoxa·endop·exop): 1(bud, II-III); 1·(2+2)·(1+2)(IV); 3·(2+3)·(1+2)(V-VI).

The 1st foot(endop·exop): 2·(3+1)(VI), The 2nd foot(endop·exop): 2·2(VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-II); 4(III-VI), end spines: 2(III-IV); 2+2(V-VI), small spines: 2(VI).

(27) *Oncaea venusta* (I-VI)

Body length(mm): 0.076; 0.086; 0.105; 0.117; 0.132; 0.15.

Antennule: 1st segm: 0(I): 1(II-VI), 2nd segm: 1(I-IV); 2(V-VI), 3rd segm(vent·dors·term): 0·0·3(I); 0·0·(3+1)(II); 0·2·(3+1)(III-V), 2·4·(3+1)(VI).

Antenna: coxa; 1mp(I), 2mp(II-V), 2mp+1(VI). basip: 1mp+1(I); 1mp+1+1(II-VI). endop(lat·term); 1·2(I-II); 2·2(III); 3·3(IV-V); 4·3(VI), exop: 0·1·1·1·1·2(I); 0·1·1·1·1·1·2(II-IV); 0·2·1·1·1·1·3(V-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI), basip: 1(I); 1+1(II-IV); 2+1(V-VI), endop(lat·term): 3·(2+1)(I-VI), exop: 1·1·1·1(I-II); 1·1·1·2(III-VI).

Maxillule(endop·exop): 1(III); 2(IV); 3·(3+1)(V); 3·4(VI). Maxilla: 2(VI).

The 1st foot(endop·exop): 3·3(VI). The 2nd foot(endop·exop): 3·2(VI)

Caudal armature: end setae: 2(I-II); 4(III-V); 4+ss(VI).

(28) *Corycaeus affinis* (I-VI)

Body length(mm): 0.077; 0.092; 0.111; 0.132; 0.146; 0.163.

Antennule: 1st segm: 1(I-VI), 2nd segm: 2(I-VI), 3rd segm(vent·dors·term): 0·0·3; 0·0·4(II-III); 1·2·4; 1·3·4; 2·4·4.

Antenna: coxa: 2mp(I-VI). basip: 1mp+1(I-VI), endop(lat·term): 0·2; 2·3; 3·3(III-IV); 4·3; 4·4, exop: 0·1·1·1·1·2(I); 0·1·1·1·1·1·2(II-III); 0·2·1·1·1·1·3(IV-VI).

Mandible: coxa: 1(I-VI), basip: 2(I-II); 1mp+1+1(III-VI), endop(lat·term): 3·3(I); 3·5(II-VI), exop: 1·1·1(I); 1·1·1·1(II-VI).

Maxillule(endop·exop): 1(bud, III); 3·4(IV); 4·4(V-VI).

Caudal armature: end setae: 2(I-II); 4(III-VI), ventral hooks: 4(III-V); 6(VI).

(29) *Corycaeus pacificus* (II, III, IV)

Body length(mm): 0.105; 0.115; 0.145.

Antennule: 1st segm: 1(II-IV), 2nd segm: 2(II-IV), 3rd segm(vent·dors·term): 0·0·3(II-III); 0·0·4(IV).

Antenna: coxa: 2mp(II-IV), basip: 1mp+1(II-IV), endop(lat·term): 2·3(II-IV), exop: 0·1·1·1·1·2(II-III); 0·2·1·1·1·1·2(IV).

Mandible: coxa: 1(II-IV), basip: 2(II); 3(III-IV), endop(lat·term): 3·4(II-IV), exop: 1·1·1·1(II-IV).

Maxillule(endop·exop) : ? (III) ; 7·4(IV).
Caudal armature : end spines : 2(II) ; 4(III-IV), ventral hooks : 2(IV).

(30) *Corycaeus speciosus* (I, II, IV, V)
Body length(mm) : 0.12 ; 0.155 ; 0.18 ; 0.20.
Antennule : 1st segm : 0(I) ; 1(II-V), 2nd segm : 1(I) ; 2(II-V), 3rd segm(vent·dors·term) : 0·0·3 ; 0·0·4 ; 1·3·4 ; 1·4·4.
Antenna : coxa : 1(I) ; 1mp+1(II-V), basip : 1+1(I) ; 1mp+1(II-V), endop(lat·term) : 1·2(I-II) ; 2·3(IV) ; 3·4(V), exop : 0·1·1·3 ; 0·1·1·1·1·2 ; 0·2·1·1·1·1·2(IV-V).
Mandible : coxa : 1(I-V), basip : 2(I-II) ; 3(IV-V), endop(lat·term) : 2·3(I) ; 3·3(II) ; 3·4(IV-V), exop : 1·1·2(I) ; 1·1·1·1(II-IV) ; 1·1·1·2(V).
Maxillule(endop·exop) : 3·(3+1)(IV) ; 4·(2+1+1)(V).
Caudal armature : end setae : 2(I-II) ; 4(IV-V), ventral hooks : 2(IV) ; 4(V).

## 4・2 検　索

橈脚類ノープリウスは成長に伴う形態特性がある。孵化直後の形態は Harpacticoida の円盤型以外はほとんど卵型である。ノープリウスは第1，第2触角および大顎の3対の付属肢を持ち，尾部には1対の尾部保護装置を備えている。第1触角端節先端の刺毛は，第1期では3本で，第2期以後は4本である。このほか，端節の背，腹縁にある刺毛は成長に従って増加する。しかし，これらの刺毛の区分が *Pseudodiaptomus* などでは不明確である。第2触角，大顎，更に，尾部保護装置の刺毛および棘数は成長とともに増加する。第1下顎は，Calanoida では第4期に数本の刺毛を持つ付属肢として出現するが，Cyclopoida および Harpacticoida では2～3期に1本の刺毛として出現する。後期のこの下顎は，Cyclopoida では数本の刺毛を持つ2葉の形態まで発育するが，Harpacticoida では1～2本の刺毛に留まり，それ以上の発育をしない。Harpacticoida の中でも *Longipedia* の第1下顎は，Cyclopoida 型第1下顎の原基まで発育する。この第1下顎の出現によってオルトノープリウスはメタノープリウスになる。種形態の特徴はこの段階から一層明確になる。しかし，寄生種は，成長後期でも第1下顎は出現せず孵化直後の原型を留め，特に，付属肢の底節，基節などの口器補助装置の発育が悪い。この傾向は多数の油球を持つ *Euchaeta* にもみられる。

Calanoida グループは浮遊および捕食行動に適した体形を示す。この中の *Rhincalanus*, *Pontella* などは抵抗の少ない紡錘型の特異な体形である。Calanoida の特徴は後期ノープリウス大顎底節に出現する食物切断有歯突起である。Harpacticoida グループの体形は這い廻る行動に適した円盤型である。その第1触角は小さく，第2触角および大顎は餌をかき集める構造を示す。Cyclopoida グループの体形は卵型であり，後期でも孵化直後の原型を留める。この類は大顎内枝の熊手状刺毛が特徴であり，底節の切歯突起は出現しない。

以上のような種の特徴を整理，分類し，また，発育段階別の特徴も活かし，九州北西部近海の種を主対象として検索表を作成した。

検索中の種名に続く括弧内のローマ数字は，数字に相当するノープリウス期である。

### 4・2・1　発育段階の検索

孵化直後のノープリウスは，卵型の体形に3対の付属肢，更に，1対の尾刺毛を持つ基本型である。この形態は成長にしたがって変化する。すなわち，それは各付属肢の刺毛および節数増加，新しい付属肢および遊泳脚の出現，更に，尾部保護装置の刺毛，棘などの増加である。これらにはノープリウス期6期に対応した発育特性がみられる。この発育特性は，特に，（1）第1触角端節の先端部，背縁および腹縁の刺毛数増加，（2）第1下顎の出現時期および形態の発育変化，（3）第2下顎，顎脚，遊泳脚などの原型の出現，（4）尾部装置形状変化，例えば，その構成数の増加および形状の，対称形から非対称形への変化などに顕著である。このような形態の発育段階別変化は，種類によっては属または科単位によってグループ分けでき，更に，特異な形態および発育の寄生種を除外すれば，橈脚類として概括することができる。けれども，第1下顎の出現および発育様式からみて橈脚類ノープリウスの発育段階特性は目単位までの概括が適当である。すなわち，Calanoida グループ，Harpacticoida グループおよび Cyclopoida グループであり，Calanoida グループは更に，Amphascandria および Heterarthrandria グループに分けることが適当であろう。しかし，これらのグループの中の数種にはグループ別発育様式と異なる発育がみられ，その中には橈脚類分化を指標するものがある。

I.　Calanoida

1　a．第1触角端節の先端に3刺毛がある。尾刺毛（棘）は1対で，等長である。（*Euchaeta* は尾刺毛を欠く）……………………………………………………第1期
　b．第1触角端節の先端に4刺毛がある。尾刺毛（棘）は1対で，不等長である（*Calanus*, *Acartia* は等長）……………………………………………………第2期
　c．第1触角端節に先端の4刺毛の他，背腹縁にも刺毛がある。尾刺毛（棘）は2対以上である……………………………………………………2

2　a．第1下顎はなく（Amphascandria 族），第1下顎になる1本の腹刺毛がある（Heterarthrandria 族）。第1触角端節，背縁に2本の刺毛がある（*Euchaeta* は数本）……………………………………………………第3期
　b．第1下顎は数本の刺毛を持つ突起である。第1触角の端節，背縁に4本の刺毛がある。……………………………………………………第4期
　c．第1下顎は数本の刺毛を持つ未発育な2葉である。第1触角の端節，背縁に6～8本の刺毛がある……………………………………………………3

3　a．第2下顎，顎脚，遊泳脚の原基がない，原基の出現個所にひだが出来る…………第5期
　b．第2下顎，顎脚，遊泳脚の原基がある……………………………………………………第6期

Heterarthrandria 族，*Acartia* の第1下顎の発育は，Calanoida の中では特異的であり，それは第1触角端節の刺毛変化で検索するのが適当である。

II.　Cyclopoida

1 a．尾部保護装置は1対である……2
  b．尾部保護装置は2対以上である……3

2 a．第1触角先端に3本の刺毛がある……第1期
  b．第1触角先端に4本の刺毛がある……第2期

3 a．第1下顎は1本の腹刺毛である……第3期
  b．第1下顎は未発達の顎基である……4

4 a．遊泳脚がない……5
  b．遊泳脚の原基がある……第6期

5 a．遊泳脚などの出現場所に，ひだや棘がない……第4期
  b．遊泳脚などの出現場所に，僅かにひだや棘がある……第5期

III. Harpacticoida

1 a．第1下顎はない……第1期
  b．第1下顎は1本の腹部刺毛である……2
  c．第1下顎は数本の刺毛のみが，数本の刺毛を持つ原基である……3

2 a．尾部保護装置は1対である……第2期
  b．尾部保護装置は2対以上である……第3期

3 a．遊泳脚の原基がある……第6期
  b．遊泳脚がない……4

4 a．腹部の分離は不完全で，遊泳脚，第2下顎などの出現場所に，ひだや棘がない…第4期
  b．腹部は分離し，遊泳脚，第2下顎などの出現場所に，ひだや棘がある……第5期

Harpacticoida の発育段階の検索は第1下顎が出現しない *Euterpina* には不適であり，また，*Longipedia* には Cyclopoida の検索が適当である。

### 4・2・2 目の検索

1 a．大顎は機能的である……2
  b．大顎はブラシ状である……Caligoida-1，(Lernaeidae)
  c．大顎は鉤状である……Monstrilloida
  d．大顎はない（Pseudo-nauplius）……*Clavella*

2 a．大顎の底節および基節に数本の刺毛がある……3
  b．大顎の基節に小棘がある……Notodelphyoida
  c．大顎の底節および基節に刺毛や棘がない……5

3 a．大顎内枝に熊手状刺毛がない……4
  b．大顎内枝に熊手状刺毛があり，把握機能がある……Cyclopoida

4 ⎧ a．第1触角は多数の刺毛を持ち，幅広く，長い……………………………… Calanoida
  ⎩ b．第1触角は小さい ……………………………………………………… Harpacticoida

5 ⎧ a．体形は西洋梨型である ………………………………………………… Caligoida-2
  ⎩ b．体形は卵円型である…………………………………………………………… 6

6 ⎧ a．体後端は丸い…………………………………………… Caligoida-2，(Lernaeidae)
  ⎩ b．体後端は突出する ……………………………… Lernaeopodoida，(Chondracanthidae)

## 4・2・3　科，属，種の検索

I.　Calanoida

1　科，属の検索

1 ⎧ a．尾部保護装置は対称である……………………………………………………… 2
  ⎩ b．尾部保護装置は非対称である…………………………………………………… 4

2 ⎧ a．体は伸長した西洋梨型で，体後部は背腹軸に屈曲する（腹部屈曲型，*Calanus* 型）… 3
  ⎩ b．体は前端が偏平な卵型（*Acartia* 型）で，体後部は屈曲しない……………… Acartidae

3 ⎧ a．体は比較的大きい（0.2～0.8mm，大型 *Calanus* 型）……………… *Calanus*（Calanidae）
  ⎨ b．体は中型である（0.1～0.5mm，中型 *Calanus* 型）…… *Calanus*，*Undinula*（Calanidae）
  ⎩ c．体は極めて小さい（0.05～0.3mm，小型 *Calanus* 型）
  ……………………………………………… *Paracalanus*，*Acrocalanus*（Paracalanidae）

4 ⎧ a．体は前端が偏平な五角卵型（*Tortanus* 型）である…………………………… Tortanidae
  ⎪ b．体は卵型で，体後部の分離は不明確である……………………………………… 8
  ⎨ c．体は肥大した卵型または菱型で，体後端に裂け目がある……………………… 5
  ⎪ d．体はオタマジャクシ型で分離した体後部は長い………………………………… 7
  ⎩ e．体は伸長している…………………………………………………………………… 6

5 ⎧ a．体は，肥大した菱型で，尾刺毛は短い（*Eucalanus pileatus* 型）…………Eucalanidae-1
  ⎩ b．体は多量の油球を持つ肥大卵型で，尾刺毛は長い
  ……………………………………………………Euchaetidae（*Euchaeta*，*Pareuchaeta*）

6 ⎧ a．体は伸長した *Calanus* 型（*Eucalanus elongatus* 型）である………………Eucalanidae-2
  ⎩ b．体は前端が鈍角で，体後部が細長い楔型である………………………………10

7 ⎧ a．甲殻は比較的長い。強大な尾棘がある………………………*Sinocalanus*（Centropagidae）
  ⎩ b．甲殻は短い……………………………………………………………*Temora*（Temoridae）

8 ⎧ a．2本の尾刺毛（尾棘）は後方および背方へ伸びる（*Centropages* 型）………………… 9
  ⎩ b．尾刺毛（尾棘）は単純で，最内側の1対は小さい……………*Eurytemora*（Temoridae）

9 ⎧ a．第1触角は棒状である ……………………………………… *Centropages*（Centropagidae）
  ⎩ b．第1触角は羽状である……………………………………*Pseudodiaptomus*（Diaptomidae）

10 ⎧ a．右尾棘（尾刺毛）は強大で，体は長楔型である……………………………… *Rhincalanus*
   ⎩ b．左尾棘（尾刺毛）は強大（*Pontella* 型）である…………………………………………11

11 a．左尾棘は右尾棘より僅かに長い……………………………………………………… *Labidocera*
b．左尾棘は右尾棘より極めて長い……………………………………………………… *Pontellopsis*

Calanoida にみられる尾部保護装置の非対称性は種の特徴を示す。しかし，初期ノープリウスの尾部保護装置はほとんど対称であり，種の特徴がない。そのための検索，種の特徴が明確に現われた後期ノープリウスを対象にして作成した。

## 2 種の検索

ノープリウスは成長段階に対応して体節，付属肢，および尾部保護装置の構造が変化する。種検索の際にはこのことを考慮する必要がある。

### (1) *Calanus* 型

Calanidae ノープリウスは大，中型 *Calanus* 型であり，体構造，付属肢の節および刺毛数が相互に類似し，種の同定は困難である。このためノープリウス同定には成体の出現期および場所との関係によって判断しなければならない。

Paracalanidae, Pseudocalanidae ノープリウスは，小型の *Calanus* 型であり，種間の差が少なく，これらの同定には Calanidae 同様に成体の出現状態なども考慮しなければならない。Björnberg (1972) はこれらの数種の詳細な検索を作った。しかし，ノープリウス検索には，それらの付属肢の節，刺毛などの個体変化を考慮しなければならない。

### (2) Eucalanidae

1 a．体は肥大した菱型（*Eucalanus pileatus* 型）である……………………………… 2
b．体は円筒状体後部が後方に伸長した *Calanus* 型（*Eucalanus elongatus* 型）である
……………………………………………………… *E. bungii* var. *californicus*
c．体は前端が鈍角で，体後部が細長い楔型（*Rhincalanus* 型）である……………… 3
2 a．大顎内刺に9刺毛がある ………………………… *Eucalanus attenuatus* (V, VI)
b．大顎内刺に10刺毛がある ……………………………… *E. crassus* (III–VI)
3 a．体は *Rhincalanus cornutus* および *R. nasutus* より長い ……………… *R. gigas*
b．体は *R. gigas* および *R. cornutus* より小さい……………………… *R. nasutus*
c．体は *R. gigas* より小さく，*R. nasutus* より大きい………………… *R. cornutus*

### (3) Euchaetidae

1 a．尾部保護装置はない………………………………………………………………… 2
b．尾部保護装置は非常に短い……………………… *Pareuchaeta elongata* (II–VI)
c．尾部保護装置は体長の1.5倍より短い ……………………………………………… 4
d．尾部保護装置は体長の1.5倍より長い………………… *Euchaeta marina* (III–VI)

2 a．第2触角内枝先端に2本の刺毛がある……………………………………………………………3
　b．第2触角内枝先端に3本の刺毛がある…………………………………*Euchaeta marina* (I)

3 a．第2触角基節に刺毛がない………………………………………………*Pareuchaeta russelli* (I)
　b．第2触角基節に1本の刺毛がある………………………………………*Pareuchaeta elongata* (I)
　c．第2触角底節に2本の刺毛がある………………………………………*Euchaeta norvegica* (I)

4 a．第2触角の内枝側縁に1刺毛がある……………………………………………………………5
　b．第2触角の内枝側縁に2刺尾がある……………………………*Pareuchaeta russelli* (III-VI)

5 a．第1触角先端に短い1本と長い3本の刺毛がある…………………*Euchaeta marina* (II)
　b．第1触角先端に長い4本の刺尾がある……………………………*Pareuchaeta russelli* (II)

(4) Centropagidae

i) *Sinocalanus* 属

1 a．体後部の側鉤および腹鉤は太い……………………………………………………*S. tenellus*
　b．体後部の側鉤および腹鉤は細い……………………………………………………*S. grimaldii*

ii) *Centropages* 属

1 a．尾鉤は非対称である……………………………………………………………………*C. typicus*
　b．尾鉤は対称である……………………………………………………………………………2

2 a．第1触角は体長の½より長い………………………………………………………*C. furcatus*
　b．第1触角は体長の½より短い……………………………………………………………………3

　a．体は無色である………………………………………………………………………*C. hamatus*
　b．体後部および大顎の内外枝の刺毛は淡褐色である…………………………*C. yamadai*
　c．体後部のみ淡赤褐色である…………………………………………………*C. abdominalis*

(5) Pseudodiaptomidae

i) *Pseudodiaptomus* 属

第2期

1 a．背部尾刺毛は中央尾棘より短い…………………………………………………………………2
　b．背部尾刺毛は中央尾棘よりやや短い…………………………………………………………3

2 a．第2触角，内枝の刺毛は1＋3である…………………………………………*P. marinus*
　b．第2触角，内枝の刺毛は2＋3である………………………………………………………4

3 a．第2触角，内枝の刺毛は1＋3である…………………………………………*P. aurivilli*
　b．第2触角，内枝の刺毛は2＋3である………………………………………………………5

4 a．大顎，内枝の刺毛は3＋2＋2＝7である……………………………………*P. acutus*
　b．大顎，内枝の刺毛は3＋2＋3＝8である……………………………………*P. ardjuna*

5 a．大顎，内枝の刺毛は３＋２＋３＝８である……………………………… *P. euryhalinus*
b．大顎，内枝の刺毛は４＋２＋３＝９である………………………………*P. coronatus*

第３期〜第６期

1 a．中央尾棘は体長の¼以下である…………………………………………… *P. euryhalinus*
b．中央尾棘は体長の⅓以上である……………………………………………………… 2

2 a．中央尾棘，刺毛の基部に短い鈎状棘がある…………………………………………… 3
b．中央尾棘，刺毛の基部に短い刺毛がある……………………………………………… 4

3 a．背部尾刺毛は柔かい………………………………………………………*P. marinus*
b．背部尾刺毛は固い…………………………………………………………*P. ardjuna*

4 a．中央尾棘と対の尾刺毛は短い……………………………………………*P. aurivilli*
b．中央尾棘と対の尾刺毛は等長である………………………………………………… 5

5 a．中央尾棘と同床の尾刺毛は短い ……………………………………………… *P. acutus*
b．中央尾棘と同床の尾刺毛は等長である……………………………………*P. coronatus*

(6) Temoridae

i) *Temora* 属

1 a．１対の尾棘は強大で，体長と等長である………………………………*T. stylifera*
b．１対の尾棘は非対称で，体長より短い……………………………………………… 2

2 a．強大な左尾棘は右尾棘の1.5〜２倍である……………………………*T. longicornis*
b．強大な左尾棘は右尾棘の２〜３倍である………………………………… *T. turbinata*

ii) *Eurytemora* 属

1 a．左尾刺毛は体長の⅖倍より長い ……………………………………………… *E. pacifica.*
b．尾刺毛は比較的短い……………………………………………………………………… 2

2 a．大顎内枝の先端に２本，内縁に１本の刺毛がある…………………… *E. hirundoides* (I)
b．大顎内枝の先端に２本，内縁に２本の刺毛がある…………………… *E. herdomani* (I)
c．大顎内枝の先端に３本，内縁に２本の刺毛がある……………… *E. hirundoides* (II–VI)
d．大顎内枝の先端に４本，内縁に２本の刺毛がある……………… *E. herdomani* (II–VI)

(7) Pontellidae

i) *Labidocera, Epilabidocera* 属

1 a．第１触角，第２節の刺毛は１本である……………………………… *Labidocera fluviatilis*
b．第１触角，第２節の刺毛は２本である…………………………………………………… 2

2 a．強大な左尾棘は体長の½より長い……………………………………………………… 3
b．強大な左尾棘は体長の½より短い……………………………………………………… 4

3 a．大顎内枝先端の刺毛は4本である…… *L. bengalensis*
b．大顎内枝先端の刺毛は4本ではない…… *L. acuta*

4 a．大顎内枝に5本の刺毛がある…… *Epilabidocera amphitrites* (I)
b．大顎内枝に6本の刺毛がある…… *Labidocera trispinosa* (I)
c．大顎内枝の先端部に3～4本の刺毛がある…… *Labidocera trispinosa* (II-VI)
d．大顎内枝の先端部に5～6本の刺毛がある…… *Epilabidocera amphitrites* (II-VI)

ii) *Pontellopsis* 属

1 a．強大な左尾棘は体長の½である…… *P. occidentalis*
b．強大な左尾棘は体長の½より長い…… 2
c．強大な左尾棘は体長の½より短い…… *P. yamadae*

2 a．頭部は鈍角である…… *P. brevis*
b．頭部は鋭角である…… *P. meadi*

(8) Acartiidae

1 a．第2触角基節に3刺毛がある…… *Acartia bifilosa, A. longiremis* (II-VI)
b．第2触角基節に1刺毛がある…… *A. lilljeborgi* (I)
c．第2触角基節に2，底節に1刺毛がある…… 2
d．第2触角基節，底節に各々2刺毛がある…… 5

2 a．第1触角先端に3刺毛がある…… *A. clausi, A. tonsa* (I)
b．第1触角先端に4刺毛がある…… 3

3 a．大顎底節の1刺毛は太く，棘がある…… *A. negligens*
b．大顎底節の1刺毛は細い…… 4

4 a．上唇には強い棘がある…… *A. danae* (II)
b．上唇には微細な棘がある…… *A. lilljeborgi* (II-VI)

5 a．大顎基節に2刺毛がある…… 6
b．大顎基節に2刺毛のほか，棘や刺毛がある…… 8

6 a．第1触角先端に3刺毛がある…… 7
b．第1触角先端に4刺毛がある…… *A. danae* (III-VI)

7 a．大顎内枝の刺毛は2＋1＋2＝5である…… *A. bifilosa, A. longiremis* (I)
b．大顎内枝の刺毛は3＋2＋3＝8である…… *A. erythraea* (I)

8 a．腹部の小棘群は粗い…… *A. clausi, A. tonsa* (II-VI)
b．腹部の小棘群は微細である…… *A. erythraea* (II-VI)

(9) Tortanidae

1 a．左尾刺毛は右刺尾の1.5倍より長い…………………………… *Tortanus forcipatus*
  b．長尾刺毛は他の尾刺毛より僅かに長い…………………………… *T. discaudatus*

## II. Harpacticoida

*Longipedia* を除く，大部分の Harpacticoida ノープリウスは這い廻る習性のため円盤型体型である。

### 1　属の検索

1 a．体は卵一西洋梨型で，大顎底節の有歯突起がない（*Longipedia* 型）………… *Longipedia*
  b．体は偏平卵型（*Microsetella* 型）である…………………………… *Microsetella*
  c．体は矮卵型（*Macrosetella* 型）である…………………………… *Macrosetella*
  d．体は円盤型（*Harpacticus* 型）である…………………………… 2
2 a．第1触角は小型棒状である…………………………… 3
  b．第1触角の基部は広く膨む…………………………… *Metis*
3 a．第1触角は体長の½より短い（小触角型）…………………………… 4
  b．第1触角は体長の¼より短い（極小触角型）…………………………… 5
4 a．第2触角，内枝の先端に2本の長刺毛がある…………………………… *Euterpina*
  b．第2触角，内枝の先端に1本の把握毛がある…………………………… *Canthocamptus*
5 a．大顎内枝に2～3本の鉤がある…………………………… *Tisbe*
  b．大顎内枝は強い鉤である…………………………… *Tigriopus*

### 2　種の検索

#### (1)　*Longipedia* 属

1 a．頭部は突出し，ヘルメット状である…………………………… *L. coronata*
  b．頭部は突出しない…………………………… 2
2 a．尾端に強い棘はなく，丸い突起がある…………………………… *L. weberi* (V, VI)
  b．尾端に1本の強い棘がある…………………………… 3
3 a．腹部に多数の小棘がある。1本の尾棘は短い…………………………… 4
  b．腹部に小棘がない。1本の尾棘は長い…………………………… 5
4 a．後体部の刺毛および鉤は小さい…………………………… *L. weberi* (I-IV)
  b．後体部の刺毛や鉤は大きい…………………………… *L. scotti*
5 a．大顎外枝，第2節の刺毛は強大である…………………………… *L. brevispinosa*
  b．大顎外枝，第2節の刺毛は他の刺毛と等長である…………………………… *L. minor*

*Longipedia* の第1下顎は Cyclopoida 同様の発育をする。そのため，この類の発育段階の検索は，Cyclopoida に準ずる。

(2) *Microsetella* 属

a．体はうす桃色である …… *M. rosea*
b．体は茶褐色である …… *M. norvegica*

発育段階についてみると，第１期では尾端に鋭角の大きな突起がある。それは，第２期では小さく，第３期以後は消失する。この突起以外の発育段階の特徴は Harpacticoida の他種同様である。

(3) *Euterpina* 属

この属の *Euterpina acutifrons* は成体およびノープリウス期が明らかにされている種である。本種の第１下顎はノープリウス期には出現しない。このため Harpacticoida の発育段階の検索は本種には適用できず，次の検索を作った。

*Euterpina* ノープリウス発育段階の検索

1 a．尾部に１対の鉤がある …… 2
　b．尾部に１対の鉤および触刺毛がある …… 3
　c．尾部に１対の鉤および長，短２対の触刺毛がある …… 4
2 a．第１触角先端に３本の刺毛がある …… 第１期
　b．第１触角先端に３本および短い１本の刺毛がある …… 第２期
3 a．第２触角，外枝先端に長短各１本の刺毛がある …… 第３期
　b．第２触角，外枝先端に短い２本および長い１本の刺毛がある …… 第４期
4 a．第２触角，内枝先端に２本の刺毛がある …… 第５期
　b．第２触角，内枝先端に３本の刺毛がある …… 第６期

(4) *Tigriopus* 属

a．第２触角，内枝先端に僅かに曲った鉤があり，内枝側縁に１本の鉤および２本の小さな刺毛がある …… *T. japonicus*
b．第２触角，側縁に１本の鉤がある …… *T. furvus*

(5) *Tisbe* 属

九州沿岸には *Tisbe furcata* １種のみが出現した。この属には３種のノープリウスが報告されており，初期ノープリウスの形態は，相互に類似し，識別が困難である。

1 a．大顎外枝先端の１本の強く長い刺毛は，短い他刺毛の約３倍である …… *T. cucumariae*
　b．大顎外枝先端の１本の強く長い刺毛は他の短い刺毛の約２倍である …… 2
2 a．第２触角の円筒状内枝側縁に１本の刺毛がある …… *T. longisetosa* (III–VI)
　b．第２触角の円筒状内枝側縁に大小，２本の刺毛がある …… *T. furcata* (III–VI)

発育段階についてみると第１～第３および第６期は尾刺毛，第１下顎および遊泳脚の発達から

他属同様に検索できる。しかし，第4期は3対の尾刺毛の存在によって，また，第5期は4対および内側の小さい1対の尾刺毛によって識別する方が容易である。

## III. Cyclopoida

この目にはノープリウスの明らかな種が少なく，種の検索は必ずしも完全ではない。

### 1 属の検索

1 a．第1触角は短く，体長の½以下である（短触角型）………………………………… 2
  b．第1触角は体長の½より長い……………………………………………………………… 3
2 a．体は卵型で，第1触角は短棒状である（棒状短触角型）………………………… *Cyclops*
  b．体は卵型，第1触角は基部で曲る（L字状触角型—*Oithona* 型）……………… *Oithona*
3 a．第1触角，第2節は長く，端節の1.5倍である。尾刺毛と第1下顎の刺毛は長い（長刺毛型—*Oncaea* 型）………………………………………………………… *Oncaea*
  b．第1触角，第2節は端節より短い………………………………………………………… 4
4 a．強い尾鉤がない（擬 *Oncaea* 型）……………………………………………… *Corycaeus*
  b．強い尾鉤がある（尾鉤型）……………………………………………………… *Farranula*

### 2 種の検索

#### (1) *Oithona* 属

*Oithona* 属ノープリウスは，相互に類似した刺毛数を示し，初期形態がほとんど識別できない。

1 a．第1下顎に鋸歯状の刺毛がある ……………………………………………… *O. simplex*
  b．第1下顎に細く短い刺毛がある……………………………………………………………… 2
2 a．尾刺毛は体長と等長である……………………………………………………… *O. nana*
  b．尾刺毛は体長より短い…………………………………………………………………… 3
3 a．内側の尾棘は小さく弱い……………………………………………… *O. spinirostris*
  b．内側の尾棘は太い……………………………………………………………………… 4
4 a．大顎，内枝側縁に3本，先端に4本の刺毛がある……………………………… *O. ovalis*
  b．大顎，内枝側縁に3本，先端に2＋3本の刺毛がある………………………………… 5
5 a．体は小さい……………………………………………………………… *O. brevicornis*
  b．体は大きく，*O. brevicornis* の1.3倍である…………………………………… *O. similis*

#### (2) *Oncaea* 属

3種のノープリウスについて検索を作った。

a．尾刺毛は体長より短い ……………………………………………… *O. mediterranea*
b．尾刺毛は体長と等長である ……………………………………………………… *O. media*
c．尾刺毛は体長より長い ………………………………………………………… *O. venusta*

(3) *Corycaeus* 属

*Corycaeus* は，第1下顎および尾部刺毛の一部が長く，*Oncaea* に似る。Björnberg（1972）は *C. amazoensis*, *C. giesbrechti* の第1，2期および *C. speciosus* の第1期，著者は *C. pacificus* の第2～4期，*C. speciosus* の第2，4，5期のノープリウスを記載し，更に，*C. affinis* の全期を飼育し，観察した。この属の研究は，少なく，種間の比較検討および検索ができなかった。

## 4・3 考　　察

ノープリウスの種の形態特性は，成長による変化があり，種の特性は，初期よりも後期に一層明確になる。花岡（1952）は，3対の付属肢を持つオルトノープリウスを Gymnoplea 亜目（主に，現在の Calanoida 目）の第1，第2期，更に，Podoplea 亜目（主に，現在の Cyclopoida, Harpacticoida 目）の第1期の指標とした。また，第1下顎を持つメタノープリウスでは第1下顎の発育を指標として Gymnoplea および Podoplea を含むステージの検索を作った。この第1下顎の出現および発育様式は種によって異なる。例えば，Calanoida における Amphascandria 族では，第1下顎は，数本の刺毛を持つ原基として第4期に出現し，第6期には機能的な付属肢になる。Heterarthrandria 族の第1下顎は1本の刺毛として第3期に出現する。これは *Acartia* および *Tortanus* を除き，第4期以後 Amphascandria 族同様の発育をする。しかし，Heterarthrandria 族，Centropages 属の第1下顎は Amphascandria 族同様の出現および発育様式である。Cyclopoida および Harpacticoida の第1下顎は第2～3期に出現するため，その出現および発育様式が花岡（1952）のステージの検索には該当しない。Harpacticoida の第1下顎は，*Longipedia* では Cyclopoida 同様の発育様式を示すが，*Tigriopus* では第6期でも2本の刺毛を持つ原基であり，*Euterpina* 類では出現しない。しかし，この第1下顎の出現および発育変化は発育段階の重要な鍵である。

以上のことからノープリウスの発育段階については一部の例外を除き，複数の検索（目単位）が必要である。しかし，橈脚類全体としてみたノープリウスには成長に伴う基本的な変化がみられる。すなわち，第1期では，第1，第2触角および大顎からなる3対の付属肢があり，第1下顎はない。第1触角の先端の刺毛は3本であり，尾端の刺毛は1対である。第2期では，第1触角先端の刺毛は4本になり，以後それは継続する。第1下顎は，種類によって異なるが，この第2期と次の第3期の腹部に1本の刺毛として出現する。1対の尾刺毛は Calanoida の一部の種類では第2期に非対称形に変化する。第3期では，尾刺毛は数対に増加する。第4期では，第1下顎は数本の刺毛を持つ原基であるが，Harpacticoida においては1～2本の刺毛にすぎない。第2下顎，遊泳脚などはまだ出現しない。第5期では，腹部は完全に分離しており，その第2下顎，遊泳脚などが出現する場所に棘およびひだがみられる。第6期では，第2下顎，遊泳脚などの原基が出現する。このようにノープリウスには成長による形態の変化がみられる。この成長による形態変化の中にも種特性は明らかに現われている。この種の形態特性は，ノープリウス期からコペポダイト期に変化した時，著しく変化する。

橈脚類のノープリウスには発育段階別の形態に種の特徴があり，検索が可能である。ノープリウスには6期の発育段階があるため，花岡（1952）および FABER (1966) のように種ならびに発育段階の同時検索は少数種では可能であるが多数種では繁雑になる。このため発育段階ならびに種の検索は分離するのが適当である。しかし，*Pseudodiaptomus* など数種については発育と種検索の分離ができず，発育段階別に検索しなければならない。MARSHALL and ORR (1955) の記載によれば *Calanus finmarchicus* および *Calanus helgolandicus* 両種のノープリウスは，同一形態であり，その付属肢の刺毛に出現数の幅があり，識別が困難である。*Calanus* 型の形態を持つ種類では，その分類が成体における形態の僅かな変化に基づいており，ノープリウスには種的形態特性が少ない。BJÖRNBERG (1972) は *Calanus* 型ノープリウスの数種類について分類表を作った。しかし，*Calanus* 類の検索については以上のことを充分に検討しておく必要があり，ここでは検索が作成できなかった。Cyclopoida および Harpacticoida は，ノープリウスの形態の明らかな種が少なく，そのため検索が不完全である。

## 第5章　原始型および分化

現在，橈脚類は，大洋，沿岸，海岸の潮溜まり，内湾，河口，河川，湖沼などの表層から水底まで，更に，海水から淡水までの広い生活圏に多様な形態および生態を以て出現する。そのため橈脚類は，多様な環境条件，および食物状態に適応した生態を示す。例えば，それらの摂餌行動をみると，水中にけん濁している食物を濾過し，水底のデトライタスを集め，他の生物を攻撃し，更に，宿主に寄生するなどの摂餌習性がある。このような種の行動特性は重要な進化の産物であり，それはまた，形態上の適応変化を伴っている。本論では多様な生態を持つ橈脚類ノープリウスの生育時の形態変化によって橈脚類種間の相互関係を検討し，原始的種類から特殊化した種類までの分化の方向について考察を試みる。

橈脚類の原始的種類および分化については，主として成体の体構造から研究され，諸説がある。次に，GIESBRECHT (1892)，LOWNDES (1935)，HEEGAARD (1940)，花岡 (1952)，SANDERS (1962)，安楽（1963），BJÖRNBERG（1972），の記載から原始種および分化の説を整理した。

甲殼類の肢構造の研究から葉脚類型付属肢を持つ種類を最も原始的形態とする “Sympod（脚基）説” に基づいて Calanoida の Calanidae を橈脚類中最も原始的とみる説（GIESBRECHT）がある。逆に，葉脚類型の肢が遊泳のために特に発達した分化の形態を現わしていると考え，Calanoida を浮遊生活に適応して高度に分化した種類とする説（HEEGAARD）がある。SNORDGRASS (1956) は，甲殼類変態の研究において水生の原始的節足動物が三葉虫型の胸脚および有節（8節）脚を持つ歩行動物であり，不必要な多数の脚を持っており，それが現代型の多様な付属肢に変化して来たとし，ある面で HEEGAARD 説を支持している。

食性からみて濾過摂餌が最も原始的であり，それから捕獲摂餌が分化したとする説（CANNON, DAHL）があり，逆に，濾過摂餌が捕獲習性から分化したとする説（GURNEY, LOWNDES, FRAYER）もある。捕獲習性を原始的とする考えの中にも Centropagidae を含む Calanoida を原始的とす

る考え（GURNEY, LOWNDES），および Cyclopoida を原始的とする考え（FRAYER）がある。

更に，橈脚類生殖器の比較に基づき Calanoida を原始的とする考え（HEBERER），また，Calanoida ノープリウスが進化の低い性質を持つことから Calanoida を原始的とみる考え（花岡），逆に，Cyclopoida が原始的形態を残し（HEEGAARD, SARS），これから Calanoida, Harpacticoida, 更に，Monstrilloida および Notodelphoida などの寄生種が分化したとする考えがある。ノープリウスの研究に基づいて，Calanoida グループは，*Longipedia* および *Oithona* を通して Harpacticoida および Cyclopoida グループから分化し，最も進化しており，Cyclopoida グループは，付属肢の単純な刺毛，対称な尾部保護装置，更に，2葉型の大顎内枝を持ち，原始的であるとの考え（BJÖRNBERG）がある。

このように橈脚類の原始的種類，更に，分化についてその局部的研究を論拠とした諸説がある。このため著者は，橈脚類の生活史，特に，ノープリウス成長に伴う形態変化などの系統発生の種特性に関する知見を整理し，橈脚類の原始種と分化を検討した。すなわち，ノープリウスの付属肢および尾部保護装置の形態と機能は，種の分化および生態に応じて生じた形態であり，生態上重要な意味を持つ。また，一部のノープリウスの成長に伴う形態変化は系統的分化の方向を示す。それゆえ，橈脚類における原始種についてはノープリウスを含めた研究が必要である。

## 5.1 原　始　型

節足動物は原始的体節動物類から進化してきており，現在でも原始的節足動物は多毛類に類似した形態および生態を残している。甲殻類の中でも下等な種類および発育初期段階の幼生には多毛類に類似した形態がみられる。

橈脚類などの幼生は，多毛類のトロコフオラ幼生期に当る段階を卵中の胚として過ごし，次の浮遊期幼生に相当する発育段階，すなわち，ノープリウスで孵化する。このノープリウスの形態は，フツウゴカイ（*Neris pelagica* (LINNAEUS)）およびゴカイ（*Neanthes diversicolor* (MÜLLER)）の浮遊期幼生の形態に類似する。多毛類の疣足はノープリウスの付属肢に相当し，また背，腹，尾端の棘毛および端部繊毛環（Telotroch）はノープリウスの尾部保護装置に相当すると考えられる。したがって橈脚類の原始的種類，また，それからの進化を考察するには橈脚類のみでなく下等な甲殻類，更に，高等な甲殻類の形態および生態に対比し，検討することが必要であり，橈脚類の生活史，系統発生などの比較研究も必要である。

更に，普通の形態および生態を示す種類のほか，特異的な形態および生態を示す種類についてその特異性などの研究が重要である。例えば，甲殻類では前記の橈脚類およびクルマエビなどのノープリウスは成体と異なる形態を示す特異な発生過程の生物である。このノープリウスの中でも更に，特異な形態および生態を持つ種について研究し，検討することが必要である。

### 5.1.1 繁殖生態

橈脚類の生活史にはノープリウス期があり，それが多様な形態を示す要因の1つとして産卵様式および，卵形状の多様性が考えられる。

甲殻類では成体の大きさに関係なく小型卵産出の種類にはノープリウスがみられる。また，小型のノープリウスは成体に成長するまでの脱皮回数が多い。大型卵産出の種類の幼生は，卵中で発生初期を通過し，後期で孵化するので，成体までの脱皮回数が少ない。

橈脚類についてみると沿岸水域に生息する種の *Oithona brevicornis* は，非常に小さく，成体の体長は約0.5㎜であり，その卵の直径もまた約50$\mu$m と小さい。外洋に生息する *Calanus hyperboreus* は，比較的大きく，体長が7～9㎜であり，卵径は0.2～0.3㎜である（SφMME, 1934）。

橈脚類の卵は，種類による差があるが，いずれも1㎜以下の小型卵として産出される。このように橈脚類の卵は小さく，胚の発育のために充分な卵黄を含んでいない。そのため孵化幼生は，ノープリウスであり，水中生活のため摂餌活動が必要であり，そのための機能的な器官を持たなければならない。一方，小さな卵でも多量の卵黄および油球を含む卵から孵化したノープリウスは単純な卵円型の体形であり，その摂餌器官は機能的ではない。このような摂餌習性の差異はノープリウスの体形に大きな影響を与えており，また，それがノープリウスの個体生態の中で種特性として現われる。すなわち，前述のノープリウスの体形，運動および摂餌器官の多様な変化であり，それが生活史の変化ならびに種の分化を招いていると考えられる。その極端な例は寄生種にみられる。

産出された卵の性状は，孵化幼生の形態および生態に影響を与えるだけでなく，孵化時期にも関係する。橈脚類のノープリウス期は6期であり，第6回の脱皮後コペポダイト期へ，それから次に続く5回の脱皮後成体へ変化する。しかし，種によってはノープリウス期が短縮していることがある。例えば，UYE and ONBÉ（1975）による *Pseudodiaptomus marinus* を除く *Pseudodiaptomus* をみると JOHNSON（1948）による *P. euryhalinus*, 更に，GRICE（1968）による *P. coronatus* のノープリウスは第1期を卵中で過し，第2期で孵化する。そのためこれらのノープリウス期は5期になっている。更に，ノープリウス期が減少しているのは寄生橈脚類である。橈脚類に近縁の寄生種である鰓尾類のチョウではノープリウスが完全に省略されている。

以上のように下等な甲殻類では産出された卵が小なく，卵中に胚の発育に充分な卵黄を含まず，幼生はノープリウスで孵化する。しかし，分化が進んだ高等な種類になると幼生は，胚としてノープリウスを卵の中で過ごし，後期で孵化する。したがって生活史の中にノープリウス期を現わす種類は原始的要素を持つと考えられる。橈脚類は，生活史の初期にノープリウスを持つため，甲殻類の中でも比較的原始的段階の生物である。更に，橈脚類の中でもノープリウス期が短縮している種類，すなわち，寄生種などは分化および特殊化が進んだ種類とみられる。

次に産卵方法および卵の形態と孵化ノープリウスの形態および生態との関係からその原始性をみる。甲殻類の産卵方法は，水中に直接卵を産出するものと，産卵後，卵を体の一部に付着させて保護するものとの2型がみられる。例えば，高等な甲殻類である十脚類の多くのエビ類は産卵後抱卵し，卵を保護する習性がある。しかし，クルマエビ類は水中に浮性卵を産出し，孵化幼生にノープリウスを持ち，原始性を持つ種類とみられる。

橈脚類の産卵方法には他の甲殻類のように産卵後，卵塊を体の一部に付着し，保護する種（Fig. 10）並びに水中に直接卵を産出する種（Fig. 11）がある。この二つの産卵様式を甲殻類の産卵様

式に対応してみると，直接卵を水中に産出する様式の方が原始的とみられる。それゆえ，Table 1 の中でこの生態を持つ Calanoida グループが他の橈脚類より原始的とみられる。

橈脚類の浮性卵についてみると Table 1 のように浮遊装置を持つ卵は，より浮遊に適応した分化をしていると考えられる。また，浮性卵の中でも *Eucalanus* の卵は，コロイド状の物質を含む被嚢の中にあり，露出して産出された卵より卵嚢卵に近い条件を持つとみられる。更に重要なことは Calanoida の Heterarthrandria 族に属す *Eurytemora pacifica* の産卵生態である。本種は，低水温の繁殖期には卵嚢卵を産出するが，高水温になると耐久卵としての球型卵を産出する。このことは，*E. pacifica* が *Calanus* などの沖合水の比較的安定した条件と異なり，変化の激しい環境条件下に生息することに対する適応とみることができる。この産卵生態は，原始的鰓脚類にもみられ，卵嚢卵のみを産出する産卵様式より原始的であるが，浮性卵のみの産卵様式より分化していると考えられる。

以上のことから橈脚類の産卵生態では，浮遊および保護装置を持たない球型の浮性卵産出が原始的産卵様式と考えられる。この産卵様式が浮遊装置を持つ浮性卵の産出様式に分化したものとみられる。卵嚢形成の産卵様式を持った Cyclopoida, Harpacticoida, および多くの寄生種はさらに分化した産卵生態を持つものと考えられる。環境条件により卵嚢卵および耐久卵産出の両方の産卵様式を持つ *Eurytemora pacifica* は両者を結ぶ重要な種類であり，この種を含む Heterarthrandria グループから Cyclopoida, Harpacticoida および寄生種の産卵生態が分化したものと考える。このような分化した産卵生態を持つ種のノープリウスには分化した種の特性がある。逆に，クルマエビ類のような未分化な産卵生態を持つ種が産出する浮性卵から孵化するノープリウスもまた1種の原始性を示すものと考えられる。

### 5. 1. 2　食　　性

橈脚類は，非常に小さく，短期間に数回産卵し，多数の卵を産出する。そのために卵中には胚の発育に充分な卵黄が蓄えられず，胚は小さく原始的ノープリウス幼生で孵化するものと考えられる。この小さなノープリウスは成体まで多くの脱皮をして成長する。それらは環境条件に適応した体と付属肢による運動および摂餌活動を行い，その生命を維持する。橈脚類の食性には濾過摂餌，肉食，雑食，デトリタス摂餌および寄生などの変化がある。濾過摂餌者は付属肢の刺毛の濾過装置に懸った食物粒子を刺毛で口部へ掃きよせて摂餌する。肉食者は個々の捕獲行為によって捕獲した他の生物を摂食する。デトリタス摂食者は主としてデトリタスの大きな粒子を摂食する。魚類，海鞘類および多毛類に寄生する橈脚類はそれらの体液を利用して生活をする。このような摂餌行動などにみられる生活様式の変化は，橈脚類の体形に多様性を与え，その分化を促進したと考えられる。

甲殻類の大顎は食物を咀しゃくする重要な口器である。多様な食物摂取のためには分化した大顎を動かす分化した筋肉が必要であり，それを支配する神経も必要である。橈脚類の Calanoida ノープリウスは濾過摂餌のために分化した大顎がある。この大顎は，底節，基節，内外枝からなる2枝型である。食物を切断するための底節突起はまだ未発達である。内枝は食物をひっかける

ため樹枝状である。外枝は運動器官としての性質を持つ。Calanoida ではノープリウスから成体に成長しても大顎の形態は僅かに変化するに過ぎない。特に，*Calanus* では成体における大顎は，底節の有歯突起の歯がやや大きくなり，その数が増加すること以外は，ノープリウス期の形態以上に変化しない。このことは Calanoida にみられる大顎がノープリウスにおける運動器官としての性格を終生保持することを示しており，この大顎を動かす神経および筋肉もまたノープリウス期からほとんど発育しないものと考えられる。

Cyclopoida ノープリウスの大顎は底節に咀しゃくのため突起を持たない。捕食の働きをする内枝には熊手状の刺毛があり，大顎の筋肉は食物を単に砕くことよりも食物を捕えるため神経の支配下で運動している。成体の大顎は，咀しゃく器官としてノープリウスのそれより発達しているので，それを動かす筋肉も，一層発達していると考えられる。

Harpacticoida では *Longipedia* ノープリウスの大顎は Calanoida のそれに類似している。*Longipedia* の大顎は成体においてもノープリウス期のそれ以上に発達はしていない。Harpacticoida の多くのノープリウスの大顎は食物を集めるため内枝先端に1本の強い鉤がある。この鉤を動かすため大顎の筋肉および神経は分化していると考えられる。成体の大顎は，ノープリウスのそれよりも食物を砕く専用化のための発達が一層進んでいる (Fig. 6, 57)。

捕食のために一部が鋏になった胸脚を持つ甲殻類は，それを動かすために分化した筋肉および神経を持ち，進化の進んだものと考えられる。橈脚類では，付属肢の一部が把握器として変化したものによって捕食行動をする種，更に，大顎などの口器が咀しゃく器官として発達した種は，それを動かす筋肉および神経が分化していると考えられる。したがって，Calanoida のように多数の刺毛を備えた内，外枝を持つ大顎は，本来の口器としての機能より運動器官としての機能を多く残した原始的顎脚である。

高等な甲殻類の生活史の中における大顎の機能は，幼生では摂餌並びに運動器官であるが，成長に伴い運動器官よりも摂餌器官としての形態および機能を持つ。しかし，橈脚類の Calanoida グループの大顎は成長による口器の機能化が若干発達するのみであり，その基本的形態は成体，幼生ともに同一で

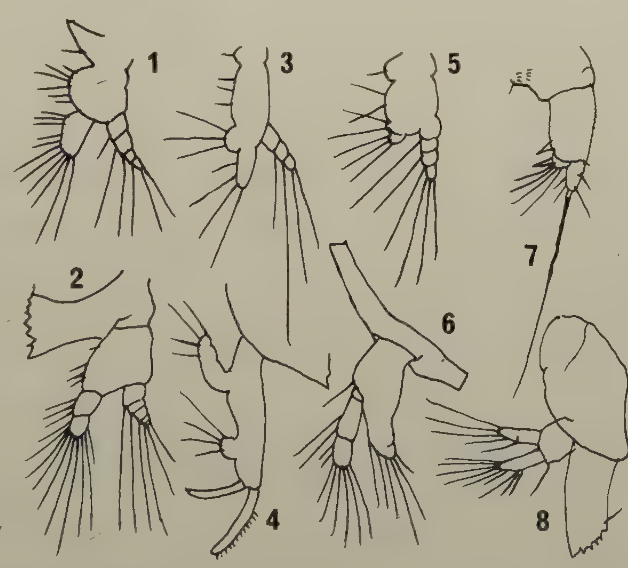



Fig. 57. Mandibles of copepods.
(An odd number shows the mandibles of nauplii. An even number shows the mandibles of adult).
1, 2: *Calanus sinicus* (Calanoida); 3, 4: *Oithona brevicornis* (Cyclopoida); 5, 6: *Longipedia weberi* (Harpacticoida); 7, 8: *Tigriopus japonicus* (Harpacticoida).

ある原始的段階にあるとみられる。

### 5. 1. 3 遊 泳 法

ノープリウスから成体までの生涯の浮遊種は，*Calanus* 型などの種であり，Calanoida に属している。Calanoida の *Eucalanus*, *Labidocera*, *Candacia* などの積極的な捕食活動種は，単なる浮遊の濾過摂餌種より発達した神経組織および筋肉を持つと考えられる。*Eurytemora*, *Pseudodiaptomus* などのノープリウスは浮遊生活をするが，成体は必ずしも浮遊のみの生活ではない。これらの種は，飼育中に容器壁や水底にしばしば休止し，時には水底に沈下した餌を摂食する行動が観察される。このような *Eurytemora*, *Pseudodiaptomus* などのノープリウス期が浮遊性で，成体が半浮遊性である生態は，*Calanus* などの浮遊性の生態から分化しており，更に，歩行性などへの分化が考えられる。

Harpacticoida の *Longipedia* は，他の Harpacticoida の種のように海底や海藻上に生息するが，他種よりもしばしば水底を離れて遊泳する。そのノープリウスは，成体と異なり浮遊生活をしており，各地の沿岸水からしばしば採集される。Harpacticoida でも *Microsetella* および *Tigriopus* などのノープリウスは，*Longipedia* と異なり水底を這い廻る習性を持ち，このため付属肢を動かす機能的な筋肉および神経組織を持つとみられる。Harpacticoida の中で *Microsetella* および *Euterpina* のノープリウスは，それらの尾棘の発育様式からみて浮遊生態を持った *Longipedia* から分化したとみられる。したがって，浮遊性のノープリウスは，ほふく性の種類より原始的な過程にあると考えられる。結局，Harpacticoida の中で原始的な種類とみられる *Longipedia* ノープリウスのみが他種と異なった浮遊の生態を持っており，これから他種のほふく性の生態が分化したと考えられる。

Cyclopoida について成体の行動様式をみると，*Oithona* は浮遊性を示す種であるが，他の種類は，真正の浮遊性ではなく，Calanoida の *Eurytemora* などにみられる半浮遊性の生態を持つ。しかし，その中には *Oncaea* のように水底と密接な関係の生活をする種もいる。このように Cyclopoida および Harpacticoida は，水中を泳いだり，這い廻る生活のため浮遊性種より発達した筋肉および神経を持つと考えられる。

以上のように Calanoida の *Eucalanus*, *Labidocera*, *Candacia*, *Eurytemora*, 更に，Cyclopoida および Harpacticoida の種類は，*Calanus* などの浮遊性種と異なった複雑な生態を持つため浮遊性種より発達した神経組織および筋肉を持つと考えられる。このことから逆に，浮遊生活をし，単純な濾過摂餌をする *Calanus* などの種類が原始的と考えられる。このように橈脚類の原始性の検討に当ってはノープリウス期の体形のみでなく，運動器官および摂餌器官の形態と機能の成長に伴う変化も考慮しなければならない。

### 5. 1. 4 尾部保護装置

鰓脚類の中で下等な多毛類のように多数の体節があり，肛刺毛に類似した1対の尾叉を持つ葉

脚類は原始的性格が強い。鰓脚類に属する枝角類の *Daphnia* も原始的甲殻類である。その後腹部は腹側から前方に屈曲し，甲殻を掃除するための特殊な爪および棘を持つ。その尾部保護装置は Fig. 9-1 のように1対の尾刺毛，尾爪および側棘列で形成されている。もし枝角類の尾部の刺毛を尾叉と同一部分に移動してみれば，その後腹部は背腹に屈曲する腹部節を持つ *Calanus* 型ノープリウスに類似する。また，この鋸歯状尾爪は，*Centropages* および *Acartia* では鋸歯状尾鉤としてみられ，枝角類の後体部は鰓脚類と橈脚類との近い系統関係を示す。それゆえ，枝角類の祖先が橈脚類の祖先に進化し，現在見られる橈脚類各目に分化したことも考えられる（Fig. 9)。

橈脚類の初期ノープリウスには多毛類の肛棘毛のような原始的な1対の尾刺毛がある。しかし，橈脚類ノープリウスの尾部保護装置はコペポダイト期においては，十脚類の幼生が持つ尾部保護装置に類似した尾叉に変化する。このように尾部保護装置をみると橈脚類ノープリウスには，進化に伴った多毛類の肛刺毛の影響が鰓脚類の尾棘を経て尾刺毛に出現するとみられ，それは Harpacticoida および Cyclopoida のような十脚類幼生型の尾部棘への進化の過程を示すと考えられる。

橈脚類の Calanoida の Amphascandria においては多毛類の肛刺毛のような尾刺毛は，第1期ノープリウスに現われ，それはよく発達した感覚器官である。Heterarthrandria においては退化した肛刺毛状尾刺毛は第3期ノープリウスに現われる。しかし，この族の *Centropages* ノープリウスには肛刺毛状の尾刺毛が第1期ノープリウスに現われる。*Centropages* の尾刺毛は非対称で，一つの体正中線に沿って後方へ，他の一つは背後に向って伸びている。

甲殻類における非対称性は異尾類および十脚類の鉗脚および体形にみられる。しかし，いずれの種類も幼生は対称性を示している。ヤドカリ類の非対称体形は柔かい体保護の貝殻の影響とみられ，鉗脚の非対称性は摂餌および武器としての機能分化による左右の鉗脚に生じた生態的な差の現象とみられる。橈脚類，Calanoida の後期ノープリウスにみられる体形ならびに尾部保護装置の非対称性は成長に伴う種特有の運動および摂餌行動の変化によって生じた非対称性であり，生態的分化であるとみられる。したがって，Calanoida にみられる体形および尾部保護装置の対称性は，非対称性よりも基本的な，原始的形態である。対称的形態は Calanidae, Centropagidae, Acartiidae などのノープリウスにみられ，これらは成長後も第5脚に若干の非対称性を示すのみであり，原始的要素を持つグループであろう。

Harpacticoida の *Longipedia* ノープリウスは体後端に1個の強い中央尾棘を持つ。この尾刺は，水中の体前進の際，体の平衡を保つ働きをするため，これを持つノープリウスが浮遊生活をすることを示す。更に，Fig. 44 の *Longipedia weberi* ノープリウス，尾棘の退化は，浮遊性からほふく性へのノープリウス生態の変化を示している。この1個の尾棘の痕跡は *Microsetella* の第1期ノープリウスにも現われるが，それは成長に従って消失する。多くの Harpacticoida ノープリウスは，偏平卵型であり，ほふく型の性質を持つ。その尾部保護装置は十脚類の幼生のそれに類似している。このような Harpacticoida のノープリウスの尾部保護装置は *Longipedia* のノープリウスから分化したものと考えられる。

Cyclopoida においてノープリウスの尾部保護装置は分化に従って退化の傾向を示している。この目の中で *Cyclops* ノープリウスは体後部に4～5対の多数の尾刺毛を持つ。この中でも5対の尾刺毛を持つ *Eucyclops serrulatus* ノープリウスは比較的原始的である。海洋の Cyclopoida の中で *Oithona* ノープリウスのように4対の尾刺毛を持つ種類が比較的原始的である。

寄生橈脚類のノープリウスは，寄生性 Cyclopoida の祖先型から *Lernaea cyprinacea* を経て分化したと考えられる。寄生橈脚類のノープリウスは1対の尾刺毛を持つ卵球型の最も単純な体型である。これらは，メタノープリウス期を略して，オルトノープリウスからコペポダイト期に成長する特殊な橈脚類である。このことはノープリウスが水中において積極的に生活することより，単に生活の場を拡げる重要な浮遊期であることを意味している。このような寄生種は，Cyclopoida などからの特殊化を示しており，橈脚類の種の分化に多くの手掛りを与えている。

### 5. 2　系統的発育特性

橈脚類は多様な生活史を示し，その個体発育過程に系統の発生過程の変化を現わす種がみられる。例えば，Calanoida の *Centropages* および Harpacticoida の *Longipedia* では生活史，特に，ノープリウスの成長過程にみられる形態変化は橈脚類の分化の方向に示唆を与えている。このようなノープリウスの形態変化に基づいて橈脚類の原始的種類と分化について検討した。

#### 5. 2. 1　*Longipedia* の特性

Harpacticoida の *Longipedia* ノープリウスの付属肢についてみると，第1触角は他の種類のように短小である。しかし，その端節の背，腹縁には Calanoida ノープリウス同様に多数の刺毛がある。第2触角は，Calanoida のそれに類似し，浮遊生活を示している。その底節には，他の Harpacticoida ノープリウスのような咀しゃく突起がない。基節は，小さくなく，膨らんでおり，Calanoida のように腹縁に多数の刺毛を持つ。内枝もまた Calanoida のように先端および側縁に多数の刺毛を持つ（Fig. 40, 42）。他の Harpacticoida ノープリウスの内枝は，先端に1個の大きな鉤状の刺毛を持ち，*Longipedia* のそれと異なる。大顎は，底節に歯のある突起がなく，外枝の第2節に1本の長く強い刺毛を持つ Harpacticoida の特徴がみられる。しかし，2節である内枝は Calanoida ノープリウスのように長い刺毛を装備している。このような付属肢からみた *Longipedia* ノープリウスは浮遊生活に適応していると考えられる。

*Longipedia* ノープリウスでは第1下顎は第2期に1本の強い刺毛として現われ，同じ Harpacticoida に属する他属と同様の特徴を示す。しかし，*Longipedia* の第1下顎は第6期に1～2本の強い刺毛と細い数本の刺毛を持つ Cyclopoida 型の2枝型付属肢まで発育する。このように *Longipedia* ノープリウスの第1下顎の発育は Harpacticoida および Calanoida の中間型を示す（Fig. 8）。しかし，第1下顎の発育様式の比較のみでは橈脚類における種分化の客観的な判断は困難である。

橈脚類分化の1指標は *Longipedia* ノープリウスの尾部保護装置であり，その中の強大な尾棘の発育方法が分化の指標となる。Table 3 に *Longipedia* ノープリウス尾棘の成長に伴う変化を

示した。Table 3 のように *Longipedia brevispinosa* の尾棘は成長に伴って伸長するが，全長に

Table 3. Change of end median spine in length (mm) of two species of *Longipedia*.

| Stage | *Longipedia brevispinosa* | | | | *Longipedia weberi* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Body | Spine(S) | Total(T) | S/T | Body | Spine(S) | Total(T) | S/T |
| I | 0.10 | 0.12 | 0.22 | 0.55 | 0.12 | 0.10 | 0.22 | 0.45 |
| II | 0.13 | 0.12 | 0.25 | 0.48 | 0.13 | 0.04 | 0.17 | 0.24 |
| III | 0.16 | 0.15 | 0.31 | 0.48 | 0.16 | 0.03 | 0.19 | 0.16 |
| IV | 0.18 | 0.15 | 0.33 | 0.45 | 0.18 | 0.02 | 0.20 | 0.10 |
| V | 0.22 | 0.15 | 0.37 | 0.41 | 0.21 | — | 0.21 | — |
| VI | 0.23 | 0.16 | 0.39 | 0.41 | 0.24 | — | 0.24 | — |

対する尾棘長の比率は次第に小さくなる。また，*Longipedia scotti* の尾棘もノープリウス全期に存在するが，成長とともに著しく短くなる（NICHOLLS, 1933)。*Longipedia weberi* の第1期ノープリウスは *Longipedia brevispinosa* のような尾棘を示す。しかし，この尾棘は，体の成長にもかかわらず著しく短くなり，第5期では消失する（Fig. 58)。

福岡湾の *Microsetella norvegica* (Fig. 43, 58)，および HIRAKAWA (1974)による *M. norvegica*

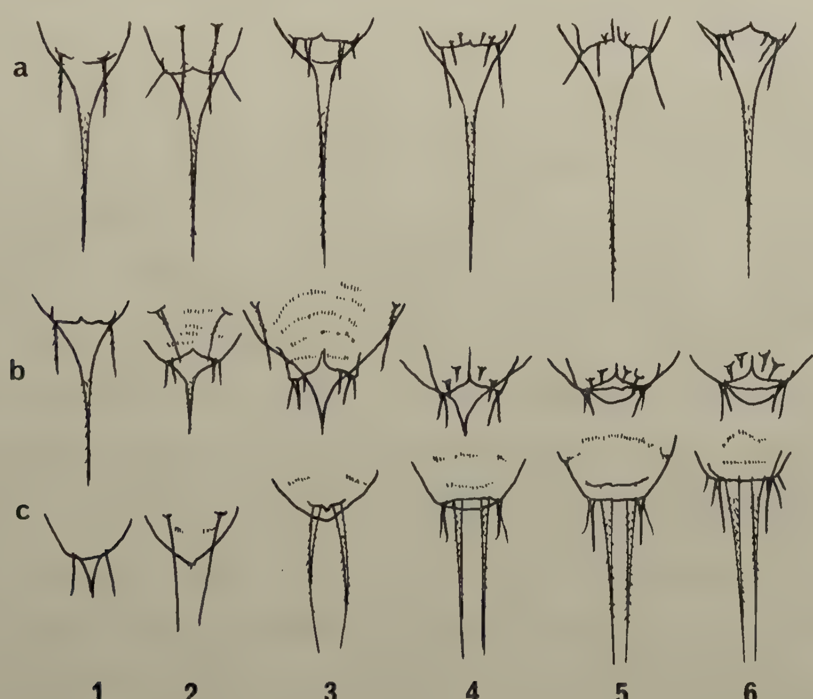



Fig. 58. Development of caudal armature in the nauplii of *Longipedia* and *Microsetella*.
a: *Longipedia brevispinosa*; b: *Longipedia weberi*; c: *Microsetella norvegica*;
1-6: Stage I-VI.

第1期ノープリウスの体後部には1個の突起が存在する。この突起は，*Longipedia* ノープリウスの尾棘と本質的に同じものと考えられる。BJÖRNBERG (1972) の *Microsetella rosea* ノープリウスには突起を持つ第1期は見落されて記載がないが，本種も *Microsetella norvegica* 同様に尾棘が再現されると推定される。このように *Longipedia weberi* および *Microsetella norvegica* ノープリウスは系統的なそれらの祖先型の尾棘を再現し，分化の過程を示唆する。また，*Euterpina* でもノープリウスの発育過程で，体後端の膨らみがみられる。これは HAQ (1965) の記載にもみられる本種の特性であり，本質的には *Microsetella* の突起と同じと考えられる。

以上のように *Longipedia* ノープリウスの1個の強大な尾棘は，系統的にみると，進化が進むに従って消失する性格のものと考えられる。このことは Harpacticoida の原始種，更に，その分化の方向についての考察に重要な意義を持つ。すなわち，*Longipedia brevispinosa* にみられるノープリウスは，卵球型で，強大な尾棘を全期に持ち水中を自由に遊泳している。ノープリウスの行動にはこの尾棘が一つの平衡器の働きをする。この尾棘が消失した時，*Longipedia weberi* の遊泳には回転運動が伴う。*Microsetella* ノープリウスの体形は，偏平な卵型であり，自由な水中の遊泳が困難となり，器壁面またはデトリタスの中を這い廻る習性が強くなる。このような尾棘の消失と体形の変化は運動および食性に大きな変化をもたらしている。逆に，このようなノープリウスの習性変化が尾棘の消失を促がしたとも考えられる。このような *Longipedia weberi* および *Microsetella* の尾棘の変化からみて，Harpacticoida は *Longipedia* から出発し，*Microsetella* および *Euterpina* を経て多くの偏平円状のノープリウスを持つ種に分化したと考えられる。

### 5. 2. 2　Centropagidae の特性

Calanoida, Heterarthrandria 族の1科である *Centropages* は沿岸から外洋まで広く生息している。同科の*Sinocalanus* は，汽水域に生息し，室内では淡水から海水まで広く適応して増殖する種である。

*Centropages* ノープリウスの第1下顎は第4期に数本の刺毛を持つ原基として出現し，以後2葉の付属肢まで発育する。この発育法は，*Centropages* が属す Heterarthrandria グループよりむしろ，Amphascandria グループの特徴を示す特異的なものである。*Sinocalanus* ノープリウスの第1下顎は，第3期に1本の刺毛として出現し，2葉の付属肢になる Heterarthrandria 族本来の発育法を示す。このように Centropagidae は，第1下顎が数本の刺毛を持つ原基として出現する種類（Amphascandria）と1本の腹刺毛として出現する種類（Heterarthrandria, Harpacticoida, Cyclopoida）との接点を示すとみられる。

体形および尾部保護装置をみると *Centropages* ノープリウスの体形は，前体部が太く，後体部が細い卵型である。この後体部は，*Calanus* および *Sinocalanus* のように甲殻から分離せず，そこに1対の非対称で長い尾刺毛および対称の腹，尾鉤より成る単純な尾部保護装置がある。*Centropages furcatus* の腹鉤は，小さく，2対である。*Centropages typicus* の尾部保護装置は，いずれも非対称で，強大な左尾部保護装置を持つ種類の原型を示す。*Sinocalanus* の体形は，近縁の*Temora* と同様に，後体部が分離したオタマジャクシ形である。その尾部保護装置は，左側

の刺毛が強大な Hetrarthrandria グループの特徴を持つが，尾，腹側棘などに *Calanus* および *Rhincalanus* 型類に似した型態を示す。

このように *Sinocalanus*は，Heterarthrandria グループの非対称な尾部保護装置の基本型であり，その環境適応性から Heterarthrandria グループの分化に重要な役割を果たしたと考える（Fig. 59)。 *Sinocalanus* については Centropagidae から独立した新科に移すのが適当である。

*Calanus* 型の尾部保護装置には２対の尾刺毛，１対の尾鉤，２対の腹鉤，３対の側鉤，および多数の小棘がある。これら棘状鉤は側縁が鋸歯状の葉状鉤である。この葉状鉤は *Centropages furcatus* および *Centropages abdominalis* 尾端にもある。しかし，*C. abdominalis* 尾鉤の鋸歯は貧弱である。この鋸歯状尾鉤は，*Acartia* にもあり，*Acartia* と *Calanus* および*Centropages* との接点を示す。*Acartia* ノープリウスの体後部には多数の小棘が存在するが，それは *Calanus* 体後部の小棘数より少ない。この鋸歯状尾鉤は多数の小棘の集合とみられ，この尾鉤の存在，更に，その貧弱化は，小棘数の減少を意味している。このような小棘の減少，鋸歯状尾鉤の存在からみて同一の祖先型が *Calanus*, *Centropages* および *Acartia* 型に変化したと考えられる。

前述の *Longipedia weberi* ノープリウスの中央尾棘の消失，並びに *Centropages hamatus* の尾端で背方に伸びた１本の刺毛が他の *Centropages* に比べ小さくなっていることから，このような刺毛が消失する過程にある種の存在も考えられる。*Centropages* 型の尾端背部の刺毛を除けば，*Longipedia* 型および *Centropages* 型の尾部保護装置などに両型間の類似性と接点が認められ， *Centropages* 型が *Longipedia* 型の原始型であることも考えられる (Fig. 58, 59, 60)。

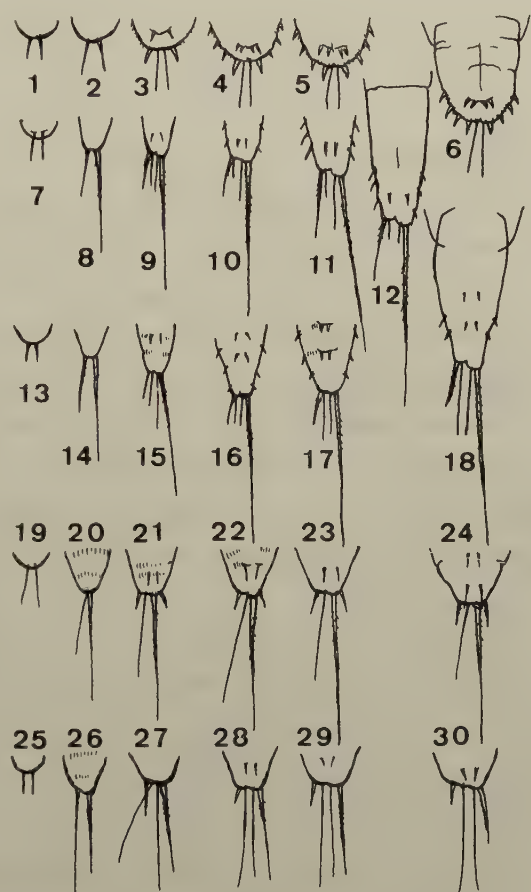



Fig. 59. Caudal armature of the 1st-6th nauplii of *Calanus*, *Centropages*, *Sinocalanus* and *Temora*.
1-6 : *Calanus* ; 7-12 : *Sinocalanus* ; 13-18 : *Temora* ; 19-24 : *Centropages hamatus*; 25-30 : *Centropages typicus*.

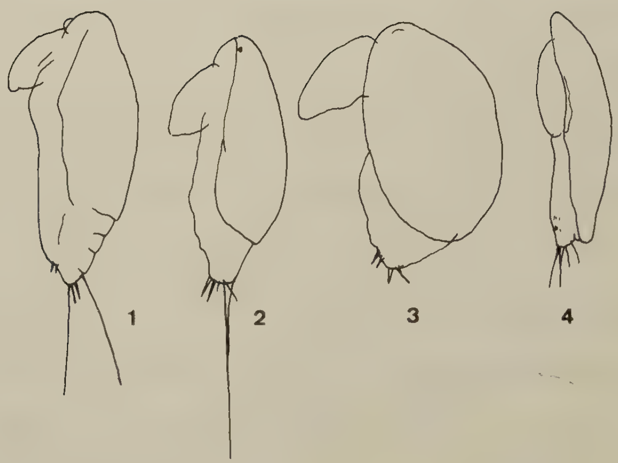



Fig. 60. Nauplii of *Centropages*, *Longipedia* and *Microsetella* (lateral view). 1: *Centropages abdominalis*; 2: *Longipedia brevispinosa*; 3: *Longipedia weberi*; 4: *Microsetella norvegica*.

### 5. 2. 3　第1下顎の意義

Harpacticoida の中で，偏平な円盤状体形を持つ*Harpacticus* 型ノープリウスは，卵型または西洋梨型体形を持つ *Longipedia* 型から分化したことが推測された。このノープリウスの体形変化は食性の変化をも，もたらしている。偏平なノープリウスは食物として堆積しているデトリタスおよび微細な生物を摂取する。また，この食性変化は，ノープリウス付属肢の形態変化および機能の変化をもたらしている。このように，すでに分化した現在の付属肢の形態から橈脚類の分化の方向を結論づけることは困難である。しかし，橈脚類の付属肢の中で，第1下顎はその分化の方向を示唆できる唯一の付属肢である。橈脚類のオルト・ノープリウスは第1下顎がなく，この下顎を持つノープリウスはメタノープリウスである。

Harpacticoida ノープリウスの第1下顎は単一の大きな刺毛として第2～3期に出現し，その後も1～2本の刺毛に留まり，発育しない。しかし，*Longipedia* の第1下顎になる腹部刺毛は，ノープリウスの成長とともに数本の刺毛を持つ Cyclopoida にみられる2葉の付属肢に発育する。

次に，Harpacticoida 第1下顎の発育様式にみられる2型の関係についてみる。*Longipedia weberi* ノープリウス尾端の強大な中央棘は成長とともに小さな突起になり消失すること，*Microsetella norvegica* では，第1期ノープリウスにみられる尾端の1本の突起が第2期以後，消失していくこと，更に，*Euterpina acutifrons* ノープリウスの尾端の膨みが系統的発育からみて突起と同一のものとみられることなどは，*Longipedia weberi* から *Microsetella norvegica*，更に，*Euterpina acutifrons* への変化を示している。このようなことから Harpacticoida ノープリウスでは，*Longipedia* 型のように数本の刺毛を持つ2葉型の第1下顎を持つことが原始的であり，逆に未発達の1～2本の強い刺毛に過ぎない第1下顎の原基を持つことは前者より特殊化が進んだ段階にあると考えられる。

*Longipedia* 第1下顎の発育は，Calanoida と典型的な Harpacticoida ノープリウス第1下顎

との中間型を示す。Cyclopoida ノープリウスの第1下顎は，第2～3期に1本の刺毛として出現し，成長とともに数本の刺毛を持つ2葉型となり，*Longipedia* のそれに類似している。Calanoida ノープリウスの第1下顎は数本の刺毛を持つ準底節，基節，内枝および外枝からなり，機能性を持つ付属肢である。このことから橈脚類のノープリウスは，単純な第1下顎を持つほど分化が進んだ段階であると考えられ，最も複雑な第1下顎を持つ Calanoida ノープリウスが最も原始的である。それより単純な第1下顎を持つ Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスは Calanoida ノープリウスより分化の進んだ段階にあると考えられる。

Calanoida の中で Amphascandria グループの第1下顎は，数本の刺毛を持つ未発育の付属肢として第4期に現われ，以後の発育段階においては数本の刺毛を持つ多節の付属肢に発育する。Heterarthrandria グループについてみると第1下顎は，Cyclopoida および Harpacticoida 型のように単一の刺毛として第3期に出現するが，Amphascandria 型の数本の刺毛を持つ多節の付属肢に発育する。それ故，第1下顎の発育に関していえば，Amphascandria のノープリウスが Heterarthrandria のそれより原始的と考えられる。

Heterarthrandria の *Centropages* 第1下顎は，1本の強大な刺毛として第3期に出現せず，Amphascandria ノープリウスのように第4期に数本の刺毛を持つ未発育の原基として出現し，機能的な付属肢まで発育する。このような付属肢を持つ *Centropages* ノープリウスが Heterarthrandria の中で最も原始的と考えられ，これから Heterarthrandria 型の発育様式の第1下顎を持つ他の種類に分化したと考えられる。

Heterarthrandria の *Acartia* の第1下顎は，第3期に1本の腹部刺毛として出現する。しかし，これは，第6期においても短い数本の鉤を持つ原基に留まり，この族の他種にみられる数本の刺毛からなる多節の付属肢まで発育しない。*Acartia* 第1下顎の形状は，Amphascandria 型第4期の原基状であり，Calanoida の中では最も単純な形態である。また，これは，Cyclopoida 型と Harpacticoida 型第1下顎の発育様式の中間型でもあり，その分化の過程を示している。しかし，現在の *Acartia* の生態は，必ずしも両者の中間型ではなく，水底と密接な関係を持つとはいえない。

### 5. 3　種間関係と分化

橈脚類ノープリウス形態および生態の比較研究から Calanoida の *Calanus* 型形態を持つ種が最も原始型に近いとみられる。この *Calanus* 型を基にし，それから分化して現在広くみられる多様な形態および生態を示すに至ったと考えられる。Fig. 61 にノープリウスの尾部保護装置から推測した橈脚類の種間の関係を示した。

#### 5. 3. 1　Calanoida

Calanoida ノープリウスの尾部保護装置についてみると，対称構造の装置は，*Calanus* 型，*Centropages* 型および *Acartia* 型ノープリウスなどの一部にみられるが，他の種類では左右いずれかの装置が長い特殊化した構造である。甲殻類における体形の対称性を基本型とみれば，ノ

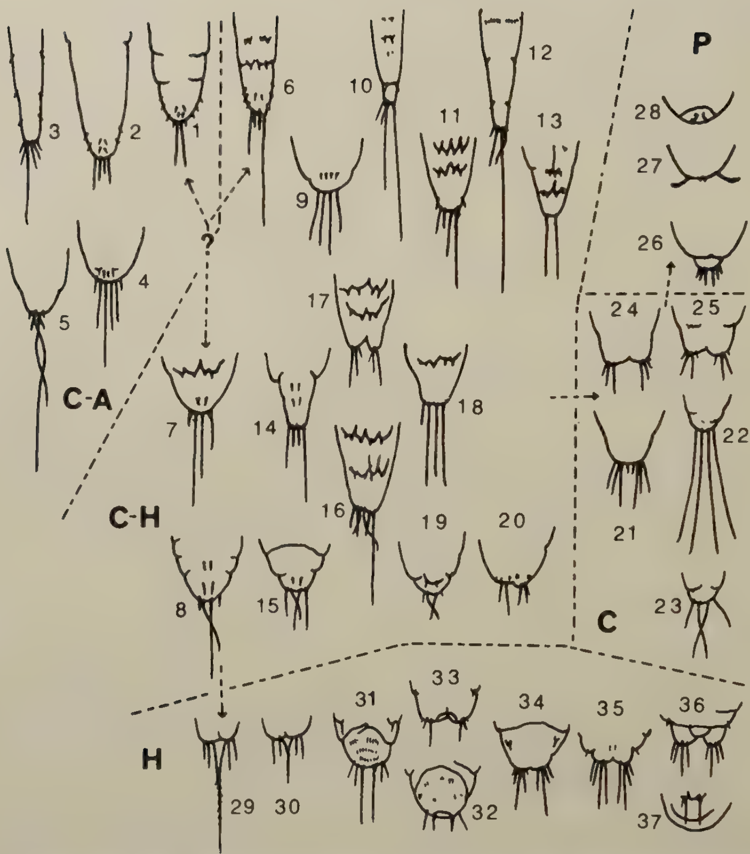



Fig. 61. Correlation and flow chart of the differentiation of caudal armature in copepod nauplii. 1: *Calanus sinicus*; 2: *Eucalanus bungii californicus*; 3: *Rhincalanus cornutus*; 4: *Eucalanus pileatus*; 5: *Pareuchaeta russelli*; 6: *Sinocalanus tenellus*; 7: *Centropages typicus*; 8: *Centropages hamatus*; 9: *Centropages furcatus*; 10: *Labidocera acuta*; 11: *Labidocera trispinosa*; 12: *Pontella occidentalis*; 13: *Candacia* sp.; 14: *Temora longicornis*; 15: *Eurytemora hirundoides*; 16: *Eurytemora pacifica*; 17: *Diaptomus proxus*; 18: *Pseudodiaptomus coronatus*; 19: *Acartia bifilosa*; 20: *Tortanus discaudatus*; 21: *Oithona similis*; 22: *Oncaea venusta*; 23: *Corycaeus affinis*; 24: *Mesocyclops furcatus*; 25: *Eucyclops serrulatus*; 26: *Lernaea cyprinacea*; 27: *Caligus curtus*; 28: *Clavella unicata*; 29: *Longipedia coronata*; 30: *Longipedia scotti*; 31: *Microsetella norvegica*; 32: *Euterpina acutifrons*; 33: *Canthocamptus staphilinus*; 34: *Tisbe furcata*; 35: *Tigriopus japonicus*; 36: *Tigriopus fulvus*; 37: *Metis josseaumei*; C–C: Calanoida, Amphascandria; C–H: Calanoida, Heterarthrandria; H: Harpacticoida; C: Cyclopoida; P: Parasitic copepods.

ープリウス尾部保護装置の分化も *Calanus* 型を基準にして進んだと理解できる。

Amphascandria グループのノープリウスについてみれば *Calanus* には対称の２対の腹部鉤，１対の尾鉤，３対の側鉤，１対の尾触毛および多数の側棘を持つ背腹に屈曲する腹節がある。*Eucalanus* 型はこの *Calanus* 型尾部保護装置が非対称に変化し，右の２本の尾刺毛が左のそれより長くなり，４個の腹鉤および３対の側鉤を持った伸長した腹節となっている。この族の中で退化した形態を示す *Euchaeta* 型尾部保護装置は，尾端で背腹に分離しており，腹触毛が背触毛より長い。この形態は *Eucalanus pileatus* 型から分岐したとみられる。このように Amphascandria

における分化は *Calanus* 型の祖先から *Eucalanus* を経て *Rhincalanus*, *Euchaeta*, 更に，その他の多種類に分化したと考えられる。

Heterarthrandria グループにおいては *Calanus* と同一の祖先型から Centropagidae の祖先を経て，この族の中で比較的原始的な形態を持つ種類の *Centropages*, *Sinocalanus* および *Acartia* 型が分化し，これらが多様型に分化したと考えられる。例えば，Heterarthrandria において Centropagidae のノープリウスは *Calanus* 型に類似した付属肢および対称の尾部保護装置を持つ。*Centropages* 尾部保護装置の構造は1対の腹鉤，尾鉤，および1対の非対称な尾刺毛からなる。*Calanus* 型を強大にした1対の尾刺毛の一つは，体後端腹側の正中線上にあり，他の一つは，そのやや背方にある。*Sinocalanus*および*Temora*にみられる尾部保護装置もまたこのHeterarthrandria 族では原始的である。何故なら，これらの2種が痕跡的な体節を持ち，甲殻から分離した腹部に2対の腹鉤，1対の毛状刺毛，1対の非対称で強大な尾刺毛および2～3対の側鉤から構成された比較的複雑な構造の *Calanus* 型変形の尾部保護装置を持つためである。

*Centropages* および *Acartia* を除く Heterarthrandria の多数の種類にみられる尾部装置は，左側の装置が右側のものより長く，Amphascandria とは逆の非対称性を示す。*Diaptomus* 型は尾部に非対称な1対の長い刺毛，1対の尾鉤およびそのやや腹側にある1対の腹鉤を持つ。*Pseudodiaptomus*型は非対称な3対の尾刺毛を持つ。このような尾部保護装置からみて*Diaptomus* および *Pseudodiaptomus* 型が *Centropages* 型から分岐している。成体の頭部後端両側の突起の消失によって *Temora stylifera* から分岐したとみられる *Temora turbinata* は，各々2本の左長尾刺毛と右短刺毛，2対の側鉤，および4個の腹鉤を持つ。この *Temora* 型は3対の非対称の長い尾刺毛を持つ *Eurytemora* 型に分化したと考えられる。*Tortanus* および *Acartia* 型尾部保護装置は1対の腹鉤，1対の尾鉤および1対の尾刺毛よりなり，これらも *Centropages* 型から派生したと考えられる。*Labidocera* 型尾部保護装置は2本の長い左の尾刺毛，2本の短い右の尾刺毛，1対の腹鉤および1対の側鉤よりなる。また，*Pontellopsis* 型装置が長い左と短い右の1本の尾刺毛，1対の腹鉤および腹部の多数の小棘よりなるため，*Sinocalanus* 型から *Labidocera* および *Pontellopsis* 型への分化が考えられる。

以上のように Heterarthrandria グループにおいては，原始的形態の Centropagidae に基づく分化に数本の道が考えられる。第1は *Centropages abdominalis* 型に近い *Sinocalanus* の祖先型から *Temora* 型へ，それから浮遊性で伸長した非対称体形を現わす *Pontella* 型への分化である。第2は，*Centropages furcatus* 型から捕食性の機能的な付属肢および対称の尾部保護装置を持つ *Acartia* 型への分化である。第3は，*Centropages typicus* 型から *Eurytemora*, *Pseudodiaptomus*, *Tortanus*, そして右側が長い3対の尾部保護装置を持つ Heterarthrandria の多数種への分化である。更に，Centropagidae 型を基にした分化に *Centropages hamatus* から Harpacticoida の *Longipedia* 型への分化が考えられる。

### 5. 3. 2 Harpacticoida

Fig. 63 は Harpacticoida の起源ならびに分化を推測するために Longipediidae および

Microsetellidae におけるノープリウス尾部保護装置の発育過程を示したものである。この目の中で最も原始的な *Longipedia minor* 型ノープリウスは *Centropages hamatus* 型の祖先から分化したと考えられる。*C. hamatus* ノープリウスは後体部に1本の強い正中線上の刺毛と背後に伸びた小さな刺毛を持つ。この小刺毛は分化が *Longipedia* 型に進んだ時消失したと考えられる。また，*Longipedia minor* の尾端にある1本の中央棘は，偏平な楕円型の体形を持つ *Microsetella* 型ノープリウスに分化が進んだ時，消失したと考えられる。このように Harpacticoida の多くの種類のノープリウスが現わす偏平な円盤型体形は，*Longipedia* の卵円型体形から分化したものと考えられる。

*Longipedia* の中で *Longipedia minor* ノープリウスは *Centropages* 体形に類似した卵型の体形を示す。*Longipedia minor* ノープリウスは，体前端が丸く，体後端は僅かに突出し，そこに1本の中央棘および2対の尾刺毛を備えている。このノープリウスの第1下顎は Cyclopoida のそれに類似している。*Longipedia* 以外の Harpacticoida ノープリウスには体後端に中央棘がみられない。*Longipedia* 類の中でも *Longipedia weberi* ノープリウスは第1期には *Longipedia minor* のように体部後端に1本の中央棘があるが，それは成長とともに著しく短くなり，第5期には消失する。このノープリウスは典型的な西洋梨型であり，これは卵型と円盤型の中間型である。

このように *Longipedia* 類のノープリウスは，Harpacticoida の中でも特異的な存在であり，原型を示していると考えられる。また，*Longipedia* の中でも *Longipedia minor* 型ノープリウスが基本型であると考えられることから Harpacticoida におけるノープリウス体形の分化は，この *Longipedia minor* 型から始まったとみられる。また，*Longipedia* の中では原始型である *Longipedia minor* から *Longipedia scotti* を経て *Longipedia weberi* 型に分化したことが考えられる。更に，*Longipedia weberi* 型ノープリウスから *Microsetella* 型ノープリウスに分化が進んだと考えられる。

*Microsetella* ノープリウスは体後部に1対の長く太い刺毛，1対の短く太い刺毛，更に，2対の短い尾刺毛からなる Harpacticoida 型尾部保護装置を持つ。そのうえこの *Microsetella* ノープリウスの体形は偏平な卵型であり，この体形は Harpacticoida 型の尾部保護装置を持った偏平な体形を現わすノープリウスの中では基本型である (Fig. 61)。淡水産 Harpacticoida 型の *Chanthocampthus staphylinus* ノープリウスは尾部保護装置として1対の長い二叉の刺毛および3対の尾刺毛を持つ。海産では *Euterpina* ノープリウスは1対の尾鉤および尾刺毛を持ち，*Tisbe* ノープリウスは長，短各2対の尾刺毛を持ち，更に，*Tigriopus* ノープリウスは1対の長い刺毛および3対の短い刺毛を持つ。これらの構造は十脚類幼生の尾部保護装置に類似している。*Metis* ノープリウスは後体部腹側にある2本の長い刺毛および2本の棘からなる尾部保護装置を持つ。このように偏平な体形の *Harpacticus* 型ノープリウスの体形分化についてみると，*Microsetella* 型体形から *Canthocampthus*, *Euterpina*, *Tisbe*, *Tigriopus*, 更に，*Metis* 型などのノープリウスの体形が分化したと考えられる。

### 5. 3. 3 Cyclopoida および寄生性橈脚類

Cyclopoida ノープリウスの第1下顎は，第2～3期に腹部における1本の刺毛として出現し，2葉型の顎脚まで発育し，Calanoida および Harpacticoida にみられる第1下顎の中間型を示している。Cyclopoida 段階まで分化した顎脚は，Calanoida のもののように水中に懸濁する有機物を集めることより微小生物を捕える機能を示す。尾部保護装置についてみると Cyclopoida ノープリウスは，Calanoida 型の強い尾棘，尾刺毛および尾鉤を持たず，Harpacticoida 型の単純な形態の尾部保護装置および体形を現わす。*Cyclops* 型および *Oithona* 型ノープリウスは3～4対の対称の尾刺毛を持つ。この刺毛数は Cyclopoida のノープリウスとしては比較的に多い。Cyclopoida では浮遊性に劣る種類の *Oncaea*, *Corycaeus* および半寄生種はさらに単純化した尾部保護装置を持つ。このように，Cyclopoida の中で分化した種類のノープリウス尾部保護装置は単純化しており，5対の尾刺毛の *Cyclops* および4対の尾刺毛の *Oithona* ノープリウスの尾部保護装置は，Cyclopoida の基本型とみられる。この型の尾部保護装置は Calanoida の *Diaptomus*, *Tortanus* および *Acartia* 型の装置に類似している。それゆえ，*Diaptomus* 型の祖先が*Cyclops* に分化し，それから Cyclopoida の多くの種類に分化したと考えられる。また，Calanoida の*Acartia* および *Tortanus* 型の祖先から Cyclopoida の *Oithona* 型への分化があったことも考えられる。

Cyclopidae では *Cyclops serrulatus* ノープリウスが原始型で，これから Cyclopoida の特徴である捕食機能の付属肢を持つ *Macrocyclops fuscus* ノープリウス型が分化したと考えられる。この*Cyclops* 型から3対の長い刺毛および1対の短い刺毛の尾部保護装置を持つ *Oithona* 型ノープリウスへ分化したと考えられる。また，*Cyclops* 型は，2対の細長い尾部感覚毛を持つ *Oncaea* 型を経て2対の感覚毛，1対の尾鉤および2対の腹鉤を持つ *Corycaeus* ノープリウス型へ分化したと考えられる。

寄生性の橈脚類は *Cyclops* 型から分化したと考えられる。*Lernaea* 型の *Lernaea cyprinacea* ノープリウスには退化した3対の尾刺毛を持つ4期がある。これは，Cyclopoida グループのノープリウス初期の4期に該当する。このように寄生種のノープリウス形態の退化から，*Lernaea* 型ノープリウスが寄生性の橈脚類の基本型とみられる。寄生種の中では，この *Lernaea* 型から尾部に2本の平衡触毛を持つ卵型の体形で，また，単純な形態の *Caligus*, *Lepeophtherirus*, *Haemobaphis*, *Acanthochondria* および *Chondrachantus* に分化したと考えられる。これらのノープリウス期には2期があり，これは Cyclopoida ノープリウスの初期の2期に該当する。また，*Lernaea* 型ノープリウスは Monstrilloida および *Clavella* 型にも分化したとみられる。この *Clavella* 型ノープリウスは大顎および尾端の平衡触毛を欠くプシュウド・ノープリウスである (Fig. 62)。更に，寄生橈脚類は，このような退化したノープリウスを持つ種から，ノープリウスを欠きコペポダイト期で孵化する種類の鰓尾類（チョウ類）に分化したことも考えられる。以上の寄生種の分化は特異な例であると考えられる。

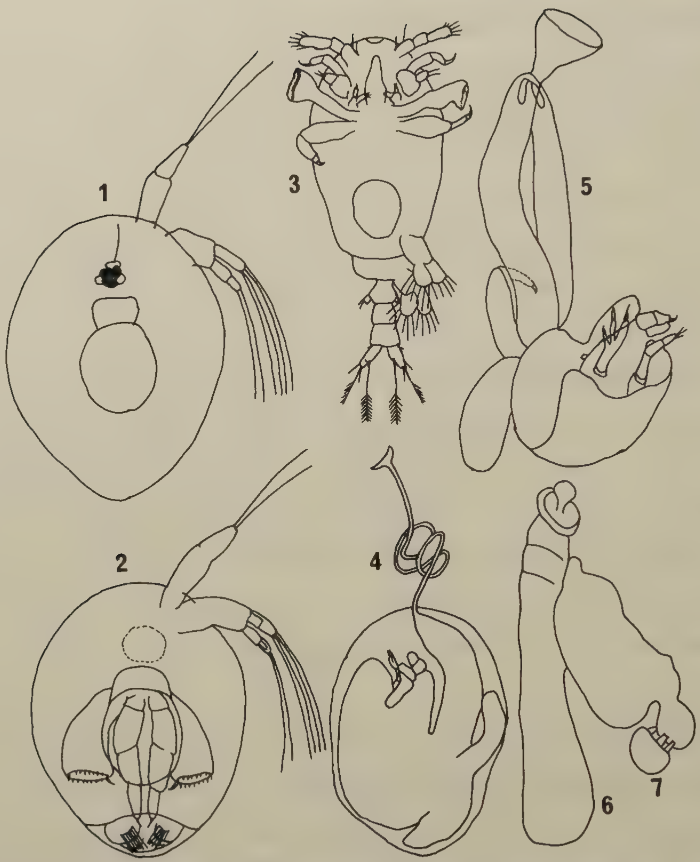



Fig. 62. Schematic development of *Clavella uncinata* (after HEEGAARD, 1947).
1-2: Pseudonauplius; 3: Copepodite; 4: Pupa; 5: 1st stage after pupa; 6: Female, in fertilization stage with male (7) attached; 7: Male.

### 5. 3. 4　成体の非対称性

甲殻類のノープリウスは対称の尾部保護装置を持つのが標準型であり，橈脚類においても Cyclopoida, Harpacticoida, 更に，寄生種などのノープリウスは標準的な対称の尾部保護装置を示す。しかし，Calanoida グループのそれは特異である。例えば，*Calanus* 型ノープリウスは，体後部の尾端，腹部，更に，体側部を対称で強い鉤および多数の棘で保護している。これ以外の多数の種の尾部保護装置は，初期において標準的な対称形であるが，成長に従って非対称の装置に変化する。この非対称化は，Amphascandria においては右側の尾部保護装置が左側のものより長く，反対に，Heterarthrandria では左側の尾部保護装置が右側のものより長くなる。このような尾部保護装置を持つ代表種は，Amphascandria では *Rhincalanus* であり，Heterarthrandria では *Pontella* および *Labidocera* である。

尾部保護装置はノープリウスの腹～尾部にある。この腹部は本質的にみて成体の腹部と異質のものである。ノープリウスがコペポダイト期に変化する期間にその体後部は，非常に伸長し，成体型の腹節になる。この時ノープリウス期の尾部保護装置は，完全に変質するが，その形態は成体の形態に影響を与えている。この現象は Calanoida の Amphascandria よりも Heterarthrandria

において明白である。

Heterarthrandria の代表として *Centropages* をみると，ノープリウスでは尾部保護装置の1対の腹鉤および尾鉤は対称である。1対の尾刺毛は非対称で，その1本は中央刺毛であり，他の1本は丁度その背側にあって背方に伸びている。このような体制の影響は成体における尾叉の対称形，そして，最後の胸節および第5遊泳脚の非対称形態として現われる。*Labidocera* ではノープリウスの尾部保護装置の左側が標準型であるため，その成体では尾叉および第5遊泳脚の左側のみが標準型である。

以上のように橈脚類ノープリウスの体形，特に，その非対称性はそれらの成体の形態に影響を与えている。例えば，ノープリウスの右側が標準型で，左側が変化した尾部保護装置を現わすならば，その成体の尾叉および第5遊泳脚は，右側が標準型で，左側が変化してくると考えられる。また反対に，ノープリウスの左側が標準型で，右側が変化した尾部保護装置（Heterarthrandria）を持つ時，その成体の尾叉および第5遊泳脚は，左側が標準型で，右側が変化すると考えられる。

このグループの成体の雄では雌と交尾するため把握機能を持った触角，第5遊泳脚および尾叉は，右側より左側が発達している。この把握装置は，雌との交尾機能のみでなく，餌捕獲の機能を持つ。この交尾および捕食の生態において触角の1方のみが把握装置に変化することより，1対の触角の両方のものが把握装置に変化することが有効である。この現象は，Cyclopoida および Harpacticoida にみられ，それらの体形を対称にしている。結局，橈脚類，特に Calanoida における形態の非対称性にはそのノープリウスの非対称性，更に，成体の生殖および摂餌生態が作用していることが考えられる。

## 5.4 考　　察

ノープリウスの形態，生態，更に，それらの発育変化の比較検討によって橈脚類の分化を示す幾つかの鍵をえた。例えば，*Longipedia weberi* の中央尾棘の消失現象，*Microsetella norvegica* および *Euterpina acutifrons* の尾端突起の比較検討から Harpacticoida の分化の方向を推測した。これらのノープリウスの生態および形態からみて卵型ないし西洋梨型で浮遊性の *Longipedia*（Calanoida 型形態）が底生で円盤型の Harpacticoida 型に分化すること，第1下顎からみると1本の腹刺毛が2葉の形態まで発育する *Longipedia* グループ（Cyclopoida 型）から1～2本の腹刺毛に終始するグループ（Harpacticoida 型）に分化することが推測される。したがって成体の生態は，浮遊性の生態から底生，寄生，更に，それらの中間の生態へ変化したと考えられる。

寄生種を含む Cyclopoida および Harpacticoida の成体の付属肢および遊泳脚には著しい特殊化がみられる。このため，ノープリウスがその生態のために機能化した付属肢を持つことは，成体の生態に適した付属肢の発育の妨げになると考えられる。この意味において寄生種にみられる後期ノープリウスの省略はその1例であろう。このことは橈脚類の分化がノープリウスの形態の単純化，また省略へ進んだことを示す。逆に Calanoida においては浮遊生活に適応した運動および摂餌のため刺毛の多い口器は，ノープリウス期に出現し，以後殆ど発育しない原始的性格

を示している。

(1) 原　始　種

浮遊性のノープリウスを持つ Calanoida グループでは，非対称性の強い種が対称型の種より分化が進んでいる。すなわち，*Calanus* 型から *Eucalanus*, *Rhincalanus* および *Sinocalanus*, *Centropages* 型から *Centropages typicus*, 更に，*Acartia* 型から *Tortanus* が分化したものと考えられる。このような形態の変化からみて Calanoida の Amphascandria の中では *Calanus* 型，Heterarthrandria の中では Centropagidae および *Acartia* が基本型と判断される。

Centropagidae の *Sinocalanus* および *Centropages furcatus* は *Eucalanus* 尾部保護装置と対称的な *Calanus* 型の変形を示している。*Sinocalanus* は Heterarthrandria の非対称型ノープリウスの基本型の1つである。この *Sinocalanus* の成体は，*Centropages* と同一形状の付属肢および遊泳脚を持つ。そのノープリウスの第1下顎は1本の腹部刺毛からの発育型式（Heterarthrandria 型）であるが，*Centropages* は *Calanus* 型（Amphascandria 型）の第1下顎の発育型式を示す（Fig. 8)。*Sinocalanus* メタノープリウスの初期に出現し，後に第1下顎となる1本の腹刺毛は，*Calanus* 型オルトノープリウスの第1下顎の出現場所に存在する小棘群が変化したものと考えられる。

Centropagidae グループのノープリウスには *Calanus* より単純な形態の *Centropages*, 更に，*Calanus* 型変形の*Centropages furcatus* および *Sinocalanus* がある。成体についてみると *Centropages* および *Sinoclanus* は同一形態である。したがって *Calanus* より単純なノープリウスを持つ *Centropages* が原始的といえない。

結局，橈脚類の原始種は *Centropages* および *Calanus* に近いものと考えられる。このことから橈脚類の分化は，Calanoida の Amphascandria については原始種→*Calanus*→*Eucalanus* などが，Calanoida の Heterarthrandria については原始種→*Centropages*, 原始種→(*Calanus*)→*Sinocalanus*→*Diaptomus* など，さらに原始種→(*Centropages*)→*Acartia*→*Tortanus* が考えられる。Cyclopoida については *Diaptomus* および *Acartia*（または *Tortanus*）の祖先型→*Cyclops* および *Oithona* の分化が考えられ，Harpacticoida においては原始種→*Longipedia*→*Microsetella*→*Tigriopus* などの分化が考えられる。

(2) 単　純　化

Sanders（1963）によるカシラエビ類，鰓脚類，蔓脚類，橈脚類およびヒゲエビ類のノープリウスならびにメタノープリウス発育特性の記載にみられるように甲殻類の原始的な発育傾向は，多数の脱皮による体節の連続的な増加で性格づけられる。橈脚類の発育特性についてみると体節の増加は段階的におこるが，付属肢の増大は継続的ではなく，その脱皮回数，体節および付属肢の数は鰓脚類に比較して少ない。このような発育様式から判断すれば，橈脚類は原始的な発育特性を持つ鰓脚類などから進化したと考えられる。同様に，橈脚類の中では，多数の体節，付属肢，尾部保護装置，および脱皮回数を持つ種が原始的であり，これから体節，付属肢，尾部保護装置

などが減少し，退化する分化をしたと考えられる。

橈脚類の第1下顎の発育様式は，この単純化を示している。すなわち，Calanoida の Amphascandria グループの第1下顎は，数個の刺毛を持つ未発育の付属肢として第4期に現われ，後期には底節，基節，内枝および外枝に多数の刺毛を持つ付属肢に発育する。Heterarthrandria グループの第1下顎は Cyclopoida および Harpacticoida グループのように第2～3期に1本の刺毛として出現する。Harpacticoida グループの第1下顎は，第2～3期に1個の刺毛として出現するが，後期でも発育せず，下顎の原基としての1～2本の刺毛に止っている。更に，Harpacticoida の *Euterpina* では第1下顎はノープリウス期には出現しない。このような橈脚類の第1下顎は，Centropagidae および *Longipedia* の第1下顎の発育特性からみて単純化の道を辿っている。

産卵様式，食性，大顎の発育および機能の分化などからみれば，橈脚類では Calanoida 型ノープリウスは，原始的要素を持つ形態であり，機能的な2葉の第1下顎がある。このような Calanoida 型ノープリウスが，1～2本の腹刺毛にすぎない第1下顎および数対の尾刺毛を持つ円盤型の Harpacticoida 型ノープリウスに，2葉の第1下顎の原基および数本の尾刺毛を持つ捕食種ならびに寄生種を含む Cyclopoida 型ノープリウスに，更に，第1下顎を欠き，1対の尾刺毛のみを持つ寄生種に単純化，退化したことが考えられる。このように橈脚類のノープリウスには SANDERS (1963) が記述している甲殻類の単純化，退化，特殊化が重要な分化過程としてみられる。橈脚類の分化については Calanoida の Centropagidae および Harpacticoida の *Longipedia* など，各種形質の分化を示唆する形態変化，すなわち，系統の発生過程を示す発育種の研究および比較検討が必要である。

現在の橈脚類は様々な水生生活のために適応した種々の形態および生態を示している。この形態および生態は，現在までの種特有の分化の結果であり，現在の形態の単なる比較検討のみでは原始種を見誤る恐れがある。例えば，Cyclopoida および寄生種のノープリウスの体形は，孵化直後にみられる単純な卵型の基本型を示しており，その形態のみを以ってみれば Calanoida 型に比較して，原始的形態とみられる。現在の Cyclopoida ノープリウスの形態は好適な時期および環境におけるそれ自体の，生活より物理的な拡散による生活圏の拡大，そして早急な成長などによる成体（生殖体）の生活を支えるためのみに現われた形態である。そのためノープリウス形態には退化同様の変化が生じ，更に，寄生種では後期幼生の省略がみられる。したがって，現在の Cyclopoida ノープリウスは，このように分化の過程の形態を示すが，その単純な形態を以て原始種とはいえない。Harpacticoida では感覚器官，運動器官および摂餌器官である付属肢は底生生活のために適応した特殊な形態分化を示す。そのため単純な円盤型の体形を以て Harpacticoida が Calanoida 類より原始種とはいえない。Calanoida の中でも Centropagidae のグループは *Calanus* 型と同一の祖先型から分化したとみられるが，現在その一部の種は *Calanus* より幾つかの点において，むしろ原始的な形態を残している。この現象は，現在の *Calanus* が浮遊生活のために優れた形態適応をしたことによると考えられる。このようなことから橈脚類におけ

る分化の研究は，単なる形態の比較のみでなく動的な形態変化，すなわち，成長に伴う形態および生態の変化を総合的に研究し，また，橈脚類以外の原始的甲殻類についても発育様式を考慮し，比較検討しなければならない。

## 第6章　論　　議

橈脚類は多様な環境に適応して浮遊し，這い廻り，寄生するなどの種々の生態および形態を示し，一次消費者として重要な生物である。その生活史の中で重要な位置を占めるノープリウスもまた環境に適応した種々の形態および生態を持つため，それらの種特性の研究を行った。ノープリウスの中には単純な基本的形態であっても，それが必ずしもその種の原始型を示すものではない矛盾した事例がみられた。このため本論では橈脚類ノープリウスの基本型の外，原始型についても検討した。この検討はノープリウスの成長段階に現われた種々の形質に基づいて行った。

橈脚類の中における原始型および原始的グループについては様々な説がある。GIESBRECHT (1892) は，濾過摂餌をする原始的葉脚類にみられる偏平な葉状で二枝型の付属肢を持った Calanoida を原始的グループと考えた。また花岡 (1952) も，ノープリウスの顎脚内枝の比較研究に基づいて原始的な濾過摂餌グループである Calanoida 型から種々の形態が生じたと考えた。LOWNDES (1935) は，橈脚類の進化が原始的な肉食種から草食種に進んだと考え，*Centropages* を含む Calanoida が最も原始的であると考えている。HEEGAARD (1947) は，Cyclopoida を原始グループと推定し，これから Calanoida, Harpacticoida および寄生生活グループが分化してきたと考えた。BJÖRNBERG (1972) も，Cyclopoida ノープリウスの付属肢が比較的簡単な刺毛を備え，対称の尾部保護装置を持つこと，また，Calanoida および Harpacticoida の大顎内枝の1葉に対し Cyclopoida の大顎内枝が2葉であること，などから Cyclopoida ノープリウスが最も原始的形態を持つと記述している。以上のように橈脚類の原始的グループに関するこれら諸説については安楽 (1963) の食性論にみられるように多数の異論がある。これらの諸説は，現在までの分化の結果である橈脚類の成体形に基づく研究であり，それ以上の論議の発展は期待できない。しかし，SANDERS (1963) はカシラエビ類の体形および発生を研究し，他種との系統発生の比較研究に基づき甲殻類の進化が非対称化，単純化，退化，更に，特殊化したと記述している。本論ではこのような生活史にみられる形質の変化に基づく橈脚類の原始型を検討した。

### 6. 1　形態および生態の原始型とその分化

橈脚類の中における原始型および分化を考察するに当っては形態，生態，生活史などの比較検討が必要である。

**孵化幼生の特性と繁殖生態**　甲殻類における多様な幼生の中で，無節のノープリウスは水中において自由に生活できる原始的最小形である。ここでは，甲殻類の多様な生活史の中において，孵化幼生にノープリウスを持つ橈脚類の特性をみる。

下等な甲殻類とみられる鰓脚類の無殻類幼生はほとんどノープリウス期で孵化する。例えば，

*Apus* および *Branchinella* の孵化幼生は第2期メタノープリウスである。この幼生は，特異な形態変化をせず，一連の脱皮による単なる体節および脚の増大に伴う小さな変化を行いつつ成体の性質を持つ体形に成長する。貝形類の幼生は，ノープリウス期で孵化し，形態変化の小さい5回の脱皮によって成体まで成長する。沿岸性の蔓脚類は一般に体前端両側に突起を持つノープリウスで孵化する。次の段階のシプリスは開閉筋を有する2枚の殻を持った自由遊泳の幼生である。6対の遊泳脚を持つシプリスは短期間の遊泳生活後，固い物質に第1触角で固着し，成体に成長する。

軟甲類の中で薄甲類，ムカシエビ類，アミ類，クマ類，タナイス類，等脚類，端脚類などは，切甲類の孵化幼生より多くの付属肢および完全な体節を持つ後期幼生で孵化する。オキアミ類の孵化幼生は3対の付属肢，単純な眼および大きな上唇を持つ典型的なノープリウスである。第2期ノープリウスは3対の付属肢以外に第1，第2小顎，顎脚を持つメタノープリウスである。次期は長身で発達した甲殻を持つ第1カリプトピスである。この段階初期に甲殻内の単眼は未発達の複眼に変化する。腹部は多節となり，尾肢が発達する。次のフルキリア幼生は，成体に類似し，初期の体形は伸長し，透明である。眼柄を持つ眼は甲殻の下から突出する。このフルキリアの期間は種で異なり，*Nyctiphanes* および *Meganyctiphanes* では12期で (Lebour, 1925), *Thysanoessa* では14期 (Macdonald, 1928) である。次のキルトピアは第1，第2触角が発達しており，8～13の脱皮後成体型の付属肢および発光器官を持つ若いオキアミになる。

十脚類幼生は顎脚以外に未発達の付属肢を持つゾエア期で孵化する。しかし，ある種の幼生は，卵中でアミ類に類似し，機能的な胸脚を持つミシスまで発育してから孵化する。更に，数種は卵中で殆ど成体まで発育してから孵化する。クルマエビ類は，ノープリウスを持つ唯一の十脚類である。クルマエビ類にはノープリウス2期，更に，4期のメタノープリウスがある。次の3期であるゾエアの第1期はプロトゾエアであり，第3期がいわゆるゾエア幼生である。ミシス期は3期または4期がある。次はポストミシスまたはポストラーバと呼ばれる幼生期である（藤永，1935，1942）。サクラエビ類の生活史はクルマエビに類似する。サクラエビ類のノープリウス期は2期である。次のプロトゾエアに相当するエラホカリスは3期である。ミシスに相当するアカンソゾマは2期であり，次のポストラーバの4期をへて成体へ成長する（大森，1970）。

爬行類，イセエビ類の *Jasus lalandii* の成長段階にはノープリオゾーマ，プエルルス，更に，カラカレアス期がある (Von Bonde and Marchand, 1935)。

異尾類の生活史をタラバガニでみると，ゾエア期は4期，短尾類のメガロパ期に相当するグラウコテは1期であり，次のポーストラーバは成体形を示す（丸川，1933)。

短尾類の幼生は，胸節上の長い背棘，棘状の吻，更に，背中の正中線上に突起を持つゾエアとして孵化する。ゾエアの棘の形状は種で異なり，更に，側棘を持つ種がある。しかし，それは *Ebalia* および Pinnotheridae には存在しない。最後のゾエア幼生は，カニ状のメガロパになり，更に，稚カニに成長する。Lebour (1928) によると *Ebalia tuberosa* (Pennant) のゾエアは4期，メガロパは1期である。丸川 (1933) によると *Erimacrus isebecku* (Brandt) にはゾエアの4期およびメガロパの2期，すなわち，プロトメガロパおよびメタメガロパがある。八塚 (1962)

によるとタイワンガザミ（*Neptunus pelagicus* LINNAEUS）のゾエア期は4期，メガロパ2期である。

口脚類には互いに無関係な成長をする二つの幼生型がある。一つは *Lysiosquilla* および *Cornida* の初期の単純なアンチゾエア（エリクトス）幼生であり，他の幼生は *Squilla, Pseudosquilla, Odontodactylus, Gonodactylus* などにみられるプシュードゾエア（アリマ）である。この幼生の眼には眼柄がある。アンチゾエアおよびプシュードゾエアは第5期以後互いに類似した構造を示す（DICKIN and COLLEFAX, 1940）。

橈脚類は，成体が数百μmから数㎜程度に過ぎない小型の甲殻類である。その孵化幼生は，数対の付属肢を持つ典型的なノープリウスであり，次のコペポダイト期から成体へ成長する。この成体は，高等な甲殻類にみられるゾエアまたはミシス期幼生に相当する形態特性を持ち，橈脚類が甲殻類の中において未分化な下等な段階であることを示している。

以上のような甲殻類にみられる多様な生活史の中において，下等な甲殻類の孵化幼生がノープリウスであることは，それらの遺伝子が未分化であることに原因することも考えられる。けれども，下等な甲殻類である鰓脚類の中でも種によってノープリウス幼生の孵化時期に差があり，高等な甲殻類のカニ類の中でもゾエアおよびメガロパ期の長さに差がみられる。イセエビ類にはノープリオゾーマまたはフイロゾーマがあり，シャコ類にはアンチゾエまたはプシュードゾエアなど種によって異なる形態の孵化幼生がみられる。更に，エビ類の中にはクルマエビ類およびサクラエビ類のように孵化幼生に未発育段階であるノープリウスがみられる。このことはクルマエビ類が小型卵を大量に産出する戦略の繁殖生態を持つためであろう。エビ類にみられる孵化幼生の発育段階の差はエビ類の遺伝子の大きさより遺伝情報の差に基づくものと考えられる。このようなことから橈脚類などの下等な甲殻類にみられる幼生の孵化時期は，未分化な遺伝子を含む小型卵産出の繁殖生態に関係するものと考えられる。

繁殖生態についてみると節足動物祖先の形質を持つとされる多毛類には水生の節足動物である甲殻類にみられる卵嚢卵産出の習性がない。甲殻類の中で原始的な鰓脚類には卵嚢卵産出および浮性卵産出の生態があり，抱卵習性を持つ高等な十脚類の中で原始的とみられるクルマエビ類は浮性卵を産出する。したがって，橈脚類では卵嚢卵のみでなく浮性卵（Fig. 10, 11）産出の性質の種類を含む Calanoida が原始的とみられる。休眠卵を含む浮性卵の中には単なる球状の卵の他，卵表面に浮遊および保護のための様々な装置を持つ種々の卵がある。前者は *Calanus, Acartia* などに，後者は *Centropages, Tortanus* などにみられる卵であり，後者の卵が前者より浮遊機構に関して分化していると考えられる。

休眠卵は原始的な甲殻類の不適環境に対する適応である。このほか，橈脚類の不適環境下の生態には Harpacticoida の *Heteropsyllus nunni* のように被嚢を作り，休眠する種（COULL and GRANDT, 1981），更に，*Tigriopus japonicus* のように幅広い環境変化に適応して常に卵嚢卵を産出する種が知られている。これらは特異な分化をした種類である。

橈脚類の卵は，小さく卵中には胚発育に充分な卵黄がなく，ノープリウス期段階で孵化する。このノープリウスは，多量の栄養物質を含む卵から孵化したものと異なり，水中生活のため機能

的な運動器官および摂餌器官を持つ必要がある。また，橈脚類は水域のあらゆる場所に出現するので，その環境への適応のために諸器官および体形が変化している。

**体形**　ノープリウスは，卵型で孵化するが，発育に従って種特性が明らかになる（Fig. 2, 3)。寄生種および Cyclopoida ノープリウスの体形は，終始基本型の卵型であり，Calanoida ノープリウスは卵型から様々な形態に変化する。比較的単純な体形は *Centropages* および *Acartia* にみられる卵型であり，この *Acartia* 型は前端が偏平である。これは両体側が膨出して五角卵型（*Tortanus* 型）になり，更に，肥大し，菱卵型（*Eucalanus elongatus*, *Euchaeta* 型）になる。菱卵型は，伸長し，紡錘型（*Eucalanus* 型），更に，伸長した長身型の楔型（*Rhincalanus*, *Pontella* 型）になる。伸長した体形は，水の抵抗が少なく，直進性に優れている。したがって，この体形を持つ種類は単なる濾過摂餌よりも捕食による動物食の習性が強いとみられる。卵型体は体後部の一部が膨むと西洋梨型（*Longipedia* 型）になり，突出した体後部が曲ると，腹部屈曲型（*Calanus* 型）になる。また，後体部が細長く伸長すれば，両生類幼生型（オタマジャクシ型―*Sinocalanus*, *Temora* 型）になる。卵型および西洋梨型が偏平に変化したのは，Harpacticoida 型の体形である。体形および各種の付属器官は種の形態特徴があり，その成長による変化から種および発育段階が検索できる。

以上のように橈脚類ノープリウスの基本体形は卵型である。しかし，現在，この卵型の体形を持つ種が原始的とはいえない。例えば，寄生種ノープリウスは卵型であり，付属肢および尾部保護装置は退化が進んでいると考えられる単純な形態である。このノープリウスは，寄生生態のために機能的分化が不要であり，退化および消失する過程の形態である。このため卵型の基本体形のノープリウスを持つ種を原始的であるとはいえない。

**尾部保護装置**　寄生種は特殊化した種類であり，そのノープリウスの尾刺毛（触毛）は1対で，最も単純な形状である。これを除き橈脚類ノープリウスにおいては，1対の尾刺毛，尾鉤および腹鉤の *Centropages* 型が単純な形状の尾部保護装置である。この中の尾端の1対の刺毛は左右より背腹に配置している。尾鉤は対称であるが，*Centropages typicus* では成長に従って非対称になる。複雑な形状の尾部保護装置は *Calanus* 型の尾刺毛，尾鉤，腹鉤，側棘などからなるものである。これは鰓脚類のミジンコ類の後体部にみられる尾刺毛，尾爪，側棘列の形状に類似し，更に，多毛類にみられる背，腹，尾端の棘毛および端部繊毛環に相当するものと考えられる（Fig. 9)。

側縁が鋸歯状を呈した尾部の鉤は，*Calanus*, *Centropages* および *Acartia* ノープリウスにみられる。この鋸歯状鉤は多数の小棘の集合によって形成されたものであり，ミジンコ類の体後部に多数存在している。これは，更に，多毛類の繊毛環との関係も考えられる。*Acartia* には，*Calanus* のように腹部の鋸歯状鉤がなく，その位置に繊毛環状の1列の小棘列が出現する。しかし，これは発育後期には消失する。橈脚類においては，体後部の鋸歯状鉤は消失する器官であり，その過程で小棘列が現われたものと考えられる。このことから *Calanus* 型の鋸歯状鉤から *Acartia* および *Centropages* 型のそれが派生したとみられる。このような消失する尾部器官の例として *Longipeida* の1本の中央尾棘がある。

尾部保護装置の非対称性は *Calanoida* の種類のみにみられる。この尾部保護装置は孵化直後の第1期では対称であり，発育とともに非対称型になる。非対称尾部保護装置は *Calanus*, *Centropages* および *Acartia* にみられる対称な尾部保護装置の基本型から派生したと考えられる。例えば，*Calanus* 型の尾部保護装置を基本型とした非対称型装置を持つものとして，右が左より強大になった Amphascaniria グループには *Eucalanus elongatus* があり，左が右より強大になった Heterarthrandria グループには *Sinocalanus tenellus* がいる。*Centropages* 型の中では，*Centropages abdominalis* などは対称型であり，これから成長とともに非対称型に変化する *Centropages typicus* 型の尾部保護装置が派生している（Fig. 59）。成体において強い非対称性を示す種が存在することから推測して，*Acartia* ノープリウスの尾部保護装置にも対称型から非対称型化する過程のものが考えられる。しかし，まだその報告例はない。

Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスの尾部保護装置は体の尾端にある対称な数対の刺毛のみである。この型の尾部保護装置は高等な甲殻類幼生にみられる装置に類似し，橈脚類では分化した形態であろう。

**運動および摂餌器官**：原始甲殻類であるデボン紀の *Lepidocalis* は触角を運動に利用したとみられており，現生種でも原始的な鰓脚類である枝角類が触角を運動に利用する。その他の甲殻類でもノープリウスは体の推進に触角を利用する。また，橈脚類ノープリウスも触角を運動器官として利用しているが，その機能は種によって異なり，その分化の程度に差がみられる。

ノープリウスの第1触角は，Calanoida においては，多数の刺毛を備えた橈状で長く，体推進の重要な働きをする。この目の *Pseudodiaptomus* の第1触角は，先端に1本の感覚毛があり，感覚器官としての機能が分化している。Cyclopoida ノープリウスの第1触角は，*Oncaea* および *Corycaeus* では長い棒状で，体推進の機能を持ち，*Oithona* および *Cyclops* では短いL字状で，推進力が劣る。このような第1触角は，Calanoida に比較し，刺毛数および運動機能が劣っている。Harpacticoida ノープリウスの第1触角は，感覚毛を持つ棒状であり，体推進の機能は他の2グループより劣る。これを持つ種類は這い廻る習性にその触角としての本来の機能を活用している。しかし，*Longipedia* は比較的長い第1触角を持ち，このグループでは浮遊の習性が強い（Fig. 4）。

Calanoida ならびに Cyclopoida ノープリウスの第2触角では底節および基節は咀しゃくの補助器官の働きをする。外枝は水流を起し，餌の捕獲および体推進の役割をしている。Harpacticoida ノープリウスの第2触角は，底節および基節が咀しゃくの器官として発達している。内枝は，先端に大きな鉤を持つ鎌状であり，食物を切り裂き，また掻き集める機能を持つ（Fig. 5）。

Calanoida ノープリウスは濾過摂餌のために分化した2枝型の大顎を持つ。この外枝は水流を起し，内枝は樹枝状で，食物を濾過，選別する機能がある。底節の食物を砕くため有歯突起はノープリウス期では貧弱であるが，その後期に出現し，成長に従って増大する。この底節以外の形態には，成長によっても大きな変化がない。Cyclopoida の大顎の底節の咀しゃく突起はノープリウス期にはない。内枝には熊手状の刺毛があり，食物を摑む機能がある。しかし，成体におけるこの大顎は本来の咀しゃく器官として発達する。Harpacticoida の中では，ノープリウスの大

顎内枝は消失し，その場所に1個の強大な鉤および数本の刺毛を持つ。これによって大顎は食物を掻き集める働きをする（Fig. 6)。大顎は成体においては食物を砕く本来の口器に発達する(Fig. 57)。花岡（1956）は内枝の変化に基づいてノープリウスの類似性から *Calanus* 型を基本型としている。

橈脚類ノープリウスは，一般に触角が体推進の運動器官を兼ねる。また，大顎も口器より，水流を起こす機能と同時に食物採集の機能を併せて持つ。このような機能の触角および大顎は原始的性質を示す。Calanoida グループの大顎は，成体においてもノープリウス期の形態を留め，口器の機能より，水流を起こす運動器官としての機能を残した顎脚である。それゆえ，このような大顎を持つ Calanoida グループが橈脚類では原始的とみられる。橈脚類にみられる捕食および寄生の生態は，ノープリウス期の付属肢の機能化，退化などの特異な分化様式をもたらしたと考えられる。

### 6. 2　発育特性と分化

ノープリウスは，孵化直後は卵型の体に第1，第2触角および大顎の3対の付属肢を持つオルトノープリウスである。ノープリウスの第1期は尾端の刺毛（棘）が1対であり，第1触角の先端の刺毛は3本である。第2期では第1触角端節の刺毛は4本になる。この端節の腹縁および背縁の刺毛は，成長に従って増加し，発育段階の1つの指標となる。ノープリウスは第1下顎が出現するとメタノープリウスに変化する。この時期は，Calanoida の Amphascandria では第4期，Heterarthrandria，Cyclopoida および Harpacticoida では第2～3期である。第1下顎は，このように族および目などに出現期，形状，更に，発育様式に差がみられる。Harpacticoida ノープリウスの第1下顎はメタノープリウス後期でも1～2本の腹部刺毛に留まり，*Euterpina* のノープリウス期には出現しない。このため橈脚類における“メタノープリウス”の用語は必ずしも適当ではない。このほか，識別し易い発育段階の指標形質は第2下顎および遊泳脚の出現であり，後体部の装置も発育段階の指標に適している。発育段階の総括的検索は目または族単位で可能である。一般に，一度出現した形態の形質は発育する傾向を示すが，中には成長とともに消失する特異な形質もみられる。

橈脚類では体形，口器，運動器官，感覚器官，尾部保護装置などの外部形態，および産卵，運動，摂餌などの生態に種間の変化がある。その変化の方向は不明である。しかし，橈脚類には系統発生を示す発育の少数種が存在し，これを鍵として変化の方向，分化を具体的に論議できる。

*Centropages* の第1下顎は，第4期に数本の刺毛を持つ原基として出現し，後期には2葉の付属肢まで発育する。この発育様式は *Centropages* が属す Heterarthrandria より，むしろ *Calanus* が属す Amphascandria の特徴である。

*Sinocalanus tenellus* は Centropagidae に属す汽水性種である。そのノープリウスは，*Centropages* と異なり，近縁の *Temora* 同様，体後部が伸長し，オタマジャクシ型の体形である。尾端には，*Calanus* 型の左側尾刺毛が強大なものに変形した尾部保護装置がある。第1下顎は，第3期においては1本の刺毛にすぎないが，後期には2葉の付属肢まで発育するHeterarthrandria

の特性を示す（Fig. 8)。

この第1下顎の発育様式から Centropagidae は，Amphascandria および Heterarthrandria の接点であり，また，そのノープリウスが Heterarthrandria の非対称尾部保護装置の基本型を示すため，このグループでは原始種と考えられる。更に，Heterarthrandria 型の第1下顎の発育に類似した第1下顎が Cyclopoida および Harpacticoida の *Longipedia* にもみられ，これらと Centropagidae との接点が考えられる。

*Longipedia* は，Harpacticoida に属し，成体はこの目の形態特性および生態特性を持つ。しかし，ノープリウスは成長，形態および生態が特異である。この *Longipedia* および *Centropages* の成長，更に，形態の検討から橈脚類の原始種，分化の方向が推定される。*Longipedia* の中央尾棘は消失する器官であるが，*Longipedia* の系統発生として一時的に出現したものとみられる。その出現の種特性から Harpacticoida においては，分化が *Longipedia* から *Microsetella*および *Euterpina*，更に，Harpacticoida の多数種に進んだことが考えられる。

このことは橈脚類の分化の方向を示す鍵となる。すなわち，第1下顎は，1本の腹部刺毛から数本の刺毛を持つ2葉の原基に発育する様式から，ノープリウス全期間を1～2本の未発育の腹部刺毛に留まる様式に変化し，尾部保護装置は，腹棘および強大な尾棘が消失し，数対の尾棘（刺毛）を持つ十脚類型に変化したことが理解される。また，ノープリウスが浮遊性からほふく性に，濾過摂餌からデトリタス摂餌に分化したと考えられ，橈脚類においては第1触角および大顎の運動性の強い種から触角および口器としての機能を持つ種類に分化したと考えられる。

中央尾棘は，橈脚類では特異な存在であり，*Longipedia* 以外にはみられない。これと類似の器官は，*Centropages* の1本の尾刺毛である。この種の尾端には背方に伸びた他の1本の尾刺毛がある。この尾刺毛は *Centropages hamatus* では短小化している。*C. hamatus* は *Centropages* の中では分化が進んでおり，分化の過程における背方に伸びた尾刺毛の退化が考えられる。このようにみて *Longipedia* の中央尾棘の起源として *Centropages* の尾刺毛が想定される（Fig. 58)。

第1下顎の発育様式についてみると Centropagidae のそれが，1本の刺毛として出現するその発育様式の原点である。*Longipedia*（Cyclopoida 型）は第1下顎が Calanoida および Harpacticoida 型の中間型であり，Calanoida を経て分化したことが考えられる。

Cyclopoida は，第1下顎が *Longipedia* 同様の発育をすることから Calanoida 型からの派生が考えられる。このほか，Cyclopoida は，産卵生態，遊泳法，口器の発育，触角の機能，寄生種の存在などから Calanoida からの分化が考えられる。

Calanoida の形態は変化に富むが，橈脚類の中では原始的な形態および生態を残す種類である。この類の中では *Calanus*, *Centropages* および *Acartia* の対称型が基本型である。しかし，Heterarthrandria に属す Centropagidae には *Calanus* 型変形の非対称な尾部保護装置を持つ *Sinocalanus*，更に，*Centropages* 型変形の非対称な尾部保護装置を持つ *Centropages typicus* がみられる。*Acartia* 第1下顎の発育は，Calanoida では特異であり，Harpacticoida 型に近い，更に，*Acartia* 成体には非対称形態の種がいることなどから Amphascandria に属する *Calanus* 型が橈脚類の原始型に近いと推測される。

Calanoida ノープリウスの非対称性は成体に影響する。例えばノープリウスの右側尾部保護装置が強大な時，成体の形態は右側が標準型で，左側が変形し（Amphascandria），ノープリウスの左側尾部保護装置が強大な時，成体の形態は右側が変形した形態になる。対称性の強いノープリウスを持つ *Calanus*, *Cantropages* および *Acartia* の成体は一般に対称の形態であり，この類の基本型を示す。しかし，対称的形態の Cyclopoida および Harpacticoida はその対称性のゆえに原始的とはいえない。これらは，対称性を示していても，体形，付属肢，遊泳脚などに特異的な変形を示している。

結局，橈脚類は，対称的形態の Calanoida グループを基本型とし，それから非対称形に，更に，寄生種を含む Cyclopoida および底生の Harpacticoida のような対称形を示すが変形した形態を持つグループに分化したことが考えられる。ノープリウスに関してみると，これらの分化したグループにみられる単純な形態が分化の進んだ段階にあると考えられる。すなわち，ノープリウスは，成体の個体維持，生活圏拡大のための存在であり，その生活機能を最小限に留めた浮遊物化傾向がある。この現象は，分化，特殊化の進んだ種に著しく，分化の進んだ種のノープリウス形態は孵化直後の単純な形態を留める。原始的産卵生態の浮性卵および耐久卵産出種では，ノープリウスと成体の生活場所に時空的差があり，成体補給群としてのノープリウスは，生活適応が必要であり，その形態に機能性を示すと考えられる。けれども，それは皮相的機能性に過ぎないと考えられる。

## 摘　　要

橈脚類は，海洋に広く分布し，食物連鎖における一次消費者，仔稚魚餌料，水塊指標種などの重要な役割を果している。橈脚類の研究は，分類の確立した成体が主対象であるが，近年，ノープリウスを含む生活史の研究も増加している。しかし，これはまだ不充分であり，橈脚類，および微小動物プランクトン生態研究の隘路になっている。本論文では，九州北部沿岸に出現する橈脚類の主要な目である Calanoida, Cyclopoida および Harpacticoida ノープリウスの成長ならびに形態を研究し，分類するとともに，その尾部保護装置，第1下顎などの発育様式，産卵，運動，摂餌などの生態を比較検討し，橈脚類の原始型および分化を研究した。

ノープリウスは，卵嚢卵の他，卵表面に棘，膠状物質，莢などを持つ浮性卵から孵化する。ノープリウスは6期があり，それは，第1触角端節の刺毛数，体尾端の刺毛(棘)数，第1下顎の発育，遊泳脚の出現などから識別出来る。ノープリウスは次のコペポダイト5期を経て成体になる。

ノープリウス形態は，基本型の卵型の他，米粒型，偏平卵型，円盤型，西洋梨型，腹部屈曲型，両生類幼生型，前端偏平卵型，五角卵型，肥大菱卵型，紡錘型，楔型などがある。尾部保護装置および付属肢からみたその形態は，対称尾部保護装置型，非対称尾部保護装置型，長尾触毛型，橈状触角型，棒状触角型，短触角型などである。これらの形態特性からノープリウスは分類される。例えば，短棒状触角を持つ偏平卵型種は Harpactiocoida グループ，棒状触角を持つ卵型または米粒型種は Cyclopoida グループ，刺毛の多い橈状触角および非対称尾部保護装置を持つ多

様な形態の種類は Calanoida グループである。寄生種のノープリウスは，刺毛の少ない触角および外側に曲がった1対の尾刺毛を持つ卵型である。これらの形態はその運動，摂餌などの生態と密接な関係がある。

ノープリウスの生態は，浮遊一濾過摂餌型（*Calanus* 型），準浮遊一擬肉食型（*Cyclops* 型），準浮遊一雑食型（*Harpacticus* 型），準浮遊一油球栄養型（*Euchaeta* 型），擬浮遊一油球栄養型（*Caligus* 型），などに分類される。

ノープリウスの形態は，孵化直後は卵型の基本型であり，成長に伴って変化する。しかし，特殊化した寄生種のノープリウスは，後期においても卵型であり，卵型を示す種が必ずしも原始種ではない。本論文では，飼育中に観察できた系統の発生過程の形態変化を示す *Longipedia* などの2，3種を鍵としてノープリウスの成長に伴う形態変化を比較し，原始型を検討した。

橈脚類は主に卵嚢卵を産出するが，Calanoida の中には，浮性卵産出種のほか，原始的鰓脚類にみられる両型の産卵生態を示す種が存在する。浮性卵出種は，エビ類の中でのクルマエビ類の産卵生態からみて原始的であり，その卵からの孵化幼生も原始的段階と考えられる。

尾部保護装置についてみると，Calanoida ノープリウスの中で *Calanus*, *Acartia*, *Centropages* 型は対称型グループに属している。これらの尾鉤には共通の小鋸歯構造がある。非対称型グループの *Eucalanus*（Amphascandria 族）および *Sinocalanus*（Hetararthrandria 族）型尾部保護装置は *Calanus* 型変形であり，*Calanus* 型が一つの原型とみられる。Cyclopoida および Harpacticoidaノープリウスの尾部保護装置は十脚類幼生型である。這い廻る生態のHarpacticoida の中で浮遊性の *Longipedia* ノープリウスには強い中央尾棘がある。しかし，それは *Longipedia weberi* では後期には消失する。また，その痕跡は底生の *Microsetella* 初期ノープリウスの尾端にもみられる。このことから Harpacticoida ノープリウスの分化は浮遊種から底生種に進んだものと推測される。

Harpacticoida ノープリウスの第1下顎は，一般に，数本の刺毛であるが，*Euterpina* には出現しない。逆に *Longipedia* ノープリウスの第1下顎は，第2期に1本の刺毛として出現し，後期には2葉の器官まで発育する。Cyclopoida ノープリウスの第1下顎は *Longipedia* 同様の発育をする。Calanoida ノープリウスの第1下顎は，Amphascandria では第4期に数本の刺毛の原基，Heterarthrandria では第2～第3期に1本の刺毛として出現する。しかし，Centropagidae（Heterarthrandria）では *Centropages* が Amphascandria 型，*Sinocalanus* が Heterarthrandria 型第1下顎の発育を示す。以上のことからノープリウスの尾部保護装置および第1下顎発育様式は Calanoida の Amphascandria 型が Heterarthrandria, Cyclopoida, Harpacticoida 型に分化したものと考えられる。

橈脚類の分化は，ノープリウスについてみると形態の単純化，発育段階一部の省略，生態の特殊化などによって特徴づけられる。このような複雑な要因から現在，浮遊生活適応の複雑な形態のノープリウスを持つ *Calanus* グループが高い分化段階であり，単純な形態のノープリウスを持つ *Cyclops* グループが原始的であるとはいえない。

橈脚類は，ノープリウスの形態，生態などから判断して，祖先型から原始性を保つ Calanoida

の *Calanus*, *Centropages*, *Acartia* などが分化し，これらの祖先から Harpacticoida の *Longipedia*, Cyclopoida の *Cyclops* および *Oithona* が分化し，次に寄生種が派生したものと推察される。


## 謝　　　辞

終わりに臨み，本研究の端緒を与えられた恩師田中於莬彦博士に対し，謹んで感謝の意を表するとともに，本論文について終始懇篤なる助言と校閲の労を執られた九州大学教授，板沢靖男博士を始め，塚原　博博士，平嶋義宏博士，ならびに九州大学助教授，松浦修平博士に深厚な謝意を表する。更に，本論文作成にあたり終始多大の御援助，御配慮された南西海区水産研究所赤潮部長安楽正照博士に衷心より御礼申し上げる。


## 文　　　献


1) ALVEREZ, V. and H. G. KEULMANI, 1969: Naupliar development of *Pseudodiaptomus ardjuna* BREHM (Copepoda). Crustaceana, **18**, 269-276.

2) 安楽正照，1963：橈脚類の食性について（綜説）．日本プランクトン研連会報．**9**，5—35.

3) BARNES, R. D., 1968: Invertebrate zoology. SANDERS Co., Philadelphia and London, x+743pp.

4) BERNARD, M., 1963: Le cycle vital en laboratorie d'un copépode pelagique de Méditerranée *Euterpina acutifrons* CLAUS. Pelagos. 1, 35-48.

5) BERNARD, M., 1963: Le dévelopment nauplien de deux copépodes carnivores *Euchaeta marina* (PRESTANDER.) et *Candacia armata* (BOECK). Pelagos, **2**(1), 51-71.

6) BJÖRNBERG, T. K. S., 1965: Observation on the development and the biology of the Miracidae DANA (Copepoda: Crustacea). Bull. Mar. Sci. **15**(2), 512-520.

7) BJÖRNBERG, T. K. S., 1966: The developmental stages of *Undinula vulgaris* (DANA) (Copepoda). Crustaceana, **11**(1), 65-76.

8) BJÖRNBERG, T. K. S., 1967: The larvae and young forms of *Eucalanus* DANA (Copepoda) from tropical Atlantic water. Crustaceana, **12**(1), 59-73.

9) BJÖRNBERG, T. K. S., 1972: Developmental stages of some tropical and subtropical planktonic marine copepods. Studies on the fauna of Curaçao and other Caribean Islands. **40**(136), 1-185.

10) BREWER, R. H., 1964: The phenology of *Diaptomus stagnalis* (Copepoda: Calanoida): the development and the hatching of the egg stage. Physiol. Zoology, **37**(1), 1-20.

11) CAMPBELL, M. H., 1934: The life history and post embryonic development of the copepods, *Calanus tonsus* BRADY and *Euchaeta japonica* MARUKAWA, J. Biol. Bd. Can., **1**(1), 1-65.

12) CANOVER, R. J., 1965: Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. Bull. Bing. Ocean. Coll., Peab. Mus. Nat. Hist. Yale. Univ., **15**, 157-283.

13) 千葉卓夫，1956：橈脚類の発生並びに分類に関する研究．水産講習所研究報告，**6**(1)，1—90.

14) CLAUS, C., 1893: Ueber die Entwicklung und System der Pontelliden. Arb. Zool. Inst. Wien., **10**, 233 282.

15) COOLEY, J. M., 1971: The effect of temperature on the development of resting eggs of *Diaptomus pregonensis* LILLJ. (Copepoda: Calanoida). Limnol. Oceanogr., **16**(6), 921-926.

16) CORKETT, C. J. and E. J. ZILLIOUX, 1975: Studies on the effect of temperature on the egg laying of

three species of calanoid copepods in the laboratory (*Acartia tonsa*, *Temora longicornis* and *Pseudocalanus elongatus*). Bull. Plankton Soc. Japan, **21**(2), 13-21.

17) COULL, B. C. and J. GRANT, 1981: Encystment discovered in a marine copepod. Science, **212**(4492), 342-344.

18) CRISAFI, P. P., 1965: Les copépodes du detroit de messine oeufs, stadies naupliens et segmentation du corps du copépode pélagique *Pontella mediterranea* CLAUS. Comm. Int. Explo. Sci. Mer Médit., Rapp. et P. V., **18**(2), 412-416.

19) DAHL, E., 1956: On the differentiation of topography of the crustacean head. Acta Zoologica, **37**, 123-192.

20) DAVIS, C. C., 1943: The larval stages of the calanoid copepod *Eurytemora hirundoides* (NORDQUIST). Publ. Chesapeake Biol. Lab., **58**, 1-52.

21) EL-MAGHRABY, A. M., 1964: The developmental stages and occurrence of the copepod *Euterpina acutifrons* in the marine environment of Alexandria, U. A. R. Annales and Mag. Nat. Hist Series 13, 7(76), 223-233.

22) ELSTAR, H. J., 1932: Monographische Studien an *Heterocope weismanni* IMHOF. I. Postembryonal-Entwicklung und Morphologie. Inter Rev. der Ges. Hydrob. und Hydrog., **27**, 177-233.

23) FRASER, J. H., 1936: The occurrence ecology and life history of *Tigriopus fulvus* (FISCHER). J. Mar. Biol. Ass. U. K., **20**, 523 536.

24) GAUDY, P. R., 1961: Note sur les stades larvaires de *Temora stylifera* DANA. Rec. Trav. St. Mar. End., Bull. **22**(36), 115 122.

25) GAULD, D. T., 1958: Swimming and feeding in Crustacean larvae: The nauplius larva. Proc. Zool. Soc. London, **132**, 31-50.

26) GIBBONS, S. G. and H. S. OGILBY, 1933: The development stages of *Oithona helgolandica* and *Oithona spinirostris*, with a note on the occurrence of body spines in Cyclopoid nauplii. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **18**, 529-550.

27) GIBSON. V. R. and G. D. GRICE, 1976: Developmental stages of *Pontella medi* WHEELER (Copepoda: Calanoida) J. Fish. Res. Board Can., **33**(4), 847-854.

28) GIESBRECHT, W., 1892: Systematik und Faunistik der Pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel und der angrezenden Meeres-abchnitte. Fauna u. Flora Neapel, **19**, ix+831pp.

29) GONZALEZ, S. A., 1968: Desarrollo larvario de *Diaptomus proximus* KIEFER (Copepoda, Calanoida). Hydrobiologia, **32**, 528-544.

30) GOSWAMI, S. C., 1975: Metamorphosis of two species of genus *Oithona* BAIRD (Copepoda). Indian J. Mar. Sci., **4**, 60-67.

31) GRICE, G. D., 1968: The developmental stages of *Pseudodiaptomus coronatus* WILLIAMS (Copepoda, Calanoida). Crustaceana, **16**, 291-301.

32) GURNEY, R., 1930: The larval stages of the copepod *Longipedia*. J. Mar. Biol. Ass. N. S., **16**(2), 461-474.

33) GURNEY, R, 1934: The development of *Rhincalanus*. Discovery Rep., **9**, 207-214.

34) 花岡　資, 1940: Harpactiocoid Copepoda 2種の繁殖及び変態. 水産学会報, **8**(1), 32—44.

35) 花岡　資, 1942 a: 真正橈脚類の生殖 I. 科学. **9**(13), 494—496.

36) 花岡　資, 1942 b: 真正橈脚類の生殖II. 科学. **9**(14), 533—536.

37) 花岡　資, 1944 a: 淡水産 *Cyclops* 属 nauplius. 水産学会報. **9**, 109—137.

38) 花岡　資, 1944 b: Copepoda nauplius の脱皮成長. 水産学会報, **9**, 139—151.

39) 花岡　資, 1952 a: 独立生活橈脚類のノープリウスに関する研究. 内水研報告. **1**, 1—36.

40) 花岡　資, 1952 b: *Oncaea mediterranea* 並 *Corycaeus* sp. の nauplius. 内水研究報告. **1**, 37—41.

41) HEBERER, G., 1924: Die Spermatogenese der Copepoden. I. Die Spermatogenese der Centropagiden

nebst Anhang die Oogenese der *Diaptomus castor*. Z. wiss. Zool., **123**, 555-646.

42) Heberer, G., 1932a : Die Spermatogenese der Copepoden. II. Das Conjugations und Reduktionsproblem in der Spermatogenese der calanoiden Copepoden, mit einem Anhang über die Spermatogenese von *Sapphirina ovatolanceolata* (Dana). Z. wiss. Zool., **142**(4), 191-253.

43) Heberer, G., 1932b : Untersuchungen über Bau und Funktion der Genitalorgane der Copepoden. I. Der männliche Genitalapparat der calanoiden Copepoden. Z. mikr. anat. Forsch., **31**(2-3), 250-424.

44) Heegaard, P., 1947 : Contribution to the phylogeny of the arthropods. Copepoda. Skrif. Univ. Zool. Mus. Kϕbenhavn, **8**, 236pp., 27pls..

45) Haq, S. M., 1965 : Development of the copepod *Euterpina acutifrons* with special reference to dimorphism in the male. Proc. Zool. Soc. London, **144**, 175-201.

46) Hirakawa, K., 1974 : Biology of a pelagic harpacticoid copepod, *Microsetella norvegica* Boeck in Oshoro Bay, Hokkaido. Bull. Plankton Soc. Japan, **21**(1), 41-54.

47) 弘田禮一郎・宇野修次, 1977：天草松島近海における橈脚類浮遊卵の季節的消長. 日本プランクトン学会報, **24**(2), 1－8.

48) 藤永元作, 1935：車蝦属（*Penaeus*）の研究. 第1報, クルマエビ（*Penaeus japonicus* Bate）の発生, (1). 早鞆水産研究報告. **1**, 51pls., 21pls..

49) Hudinaga, M., 1942 : Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate. Japan. J. Zool., **10**(2), 305-392, 16-46pls.

50) 藤永元作・笠原　昊, 1942：タテジマフジツボの飼育と変態. 動物学雑誌, **54**(3), 108—118.

51) Ito, T., 1970 : The biology of a harpacticoid copepod, *Tigriopus japonicus* Mori. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, Zool., **17**(3), 474-500.

52) 岩崎英雄・加藤　仁・藤山虎也, 1977：海産橈脚類, *Acartia clausi* Giesbrecht の飼育—I. 成熟および産卵に影響する緒要因. 日本プランクトン学会報, **24**(1), 55-61.

53) Johnson, M. W., 1934a : The life history of the copepod, *Tortanus discaudatus* (Thompson & Scott). Biol. Bull., **67**(1), 182-200.

54) Johnson, M. W., 1934b : The developmental stages of the copepod, *Epilabidocera amphitrites* McMurrich. Biol. Bull., **77**(3), 466-483.

55) Johnson, M. W., 1935 : The developmental stages of *Labidocera*. Biol. Bull. **68**(3), 397-421.

56) Johnson, M. W., 1937 : The developmental stages of the copepod, *Eucalanus elongatus* Dana var. *bungii* Giesbrecht. Trans. Amer. Micros. Soc., **56**(1), 79-98.

57) Johnson, M. W., 1948 : The postembryonic development of the copepod, *Pseudodiaptomus euryhalinus* Johnson and its phylogenetic significance. Trans. Amer. Micros. Soc. **67**(4), 319-330.

58) Johnson, M. W., 1965 : The nauplius larvae of *Pontellopsis occidentalis* Esterly (Copepoda, Calanoida). Trans. Am. Micros., **84**(1). 43-48.

59) Johnson, M. W., 1966 : The nauplius larvae of *Eurytemora herdomani* Thompson & Scott, 1897 (Copepoda, Calanoida). Crustaceana, **11**(3), 307-313.

60) Johnson, M. W., 1967 : Some observations on the hatching of *Tortanus discaudatus* eggs subjected to low temperatures. Limnor. and Oceanogr., **12**(3), 405-410.

61) Johnson, M. W. and B. J. Olson, 1948 : The life history and biology of a marine harpacticoid copepod, *Tisbe furcata* (Baird). Biol. Bull., **95**(3), 320-332.

62) 笠原正五郎, 1962：寄生橈脚類, イカリムシ（*Lernaea cyprinacea* L.）の生態と養魚池におけるその被害防除に関する研究. 東大水実業績, 第3号, 103—196.

63) Kasahara, S., S. Uye and T. Onbé, 1974 : Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. Mar. Biol., **26**(2), 167-171.

64) Kasahara, S., S. Uye and T. Onbé, 1975 : Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. II. Seasonal cycles of abundance in the populations of several species of copepods and their eggs in the Inland

Sea of Japan. Mar. Biol., **31**, 25-29.

65) KASAHARA, S., S. UYE and T. ONBÉ, 1975b: Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. III. Effects of temperature, salinity and other factors on the hatching of resting eggs of *Tortanus forcipatus*. Mar. Biol., **31**, 31-35.

66) 北島　力，1973：コペポーダの大量増殖の試験的試み．日本プランクトン学会報，**20**(1)，54—60．

67) KOGA, F., 1960a: The developmental stages of nauplius larvae of *Pareuchaeta russelli* (FARRAN). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **26**(8), 792-796.

68) 古賀文洋，1960 b：*Centropages abdominalis* SATO のノープリウス幼生．日水誌，**26**(9)，877—881．

69) KOGA, F., 1968a: On the pelagic eggs of Copepoda. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **24**(1), 16-20.

70) KOGA, F., 1968b: On the nauplius of *Undinula vulgaris* (DANA), (Copepoda, Calanoida). Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **24**(4), 173-177.

71) 古賀文洋，1970 a：*Tigriopus japonicus* MORI かいあし類の生活史について．日本海洋学会誌，**26**(1)，11—21．

72) KOGA, F., 1970b: On the nauplius of *Centropages yamadai* MORI, Copepoda. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, **26**(4), 195-202.

73) 古賀文洋，1971：カイアシ類（甲殻類）の季節変動の研究．九大水産実験所報告，**1**，61—74．

74) 古賀文洋，1973：コペポーダの飼育による生活史の研究．特にノープリウスについて．日本プランクトン学会報，**20**(1)，30—40．

75) 古賀文洋，1975：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養の研究—Ⅱ．昭和48年度福水試研業報，171—186．

76) 古賀文洋，1976：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養研究—Ⅲ．昭和49年度福水試研業報，129—143．

77) 古賀文洋，1977 a：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養研究—Ⅳ．昭和50年度福水試研業報，89—100．

78) 古賀文洋，1977 b：マダイ種苗生産技術の現状と問題点　Ⅳ—3．コペポーダの生産．日本資源保護協会，東京．138—143．

79) 古賀文洋，1978：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養—Ⅴ．昭和51年度福水試研業報，124—132．

80) 古賀文洋，1979 a：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養—Ⅵ，昭和52年度福水試研業報，77—85．

81) 古賀文洋，1979 b：餌料用動物プランクトンの大量培養Ⅴ．ティグリオプス（*Tigriopus japonicus*）の培養．水産増殖叢書．**28**．64—77．日本水産資源保護協会，東京．

82) 古賀文洋，1979 c：魚類の初期餌料．水産技術と経営，**25**(7)，75—88．

83) 古賀文洋，1930：釣川地先海域綜合調査1．環境生物(a)プランクトン，昭和53年度福水試研業報．62—65．

84) 古賀文洋，1981：チグリオプスの培養．増殖，**18**(7)，54—57．

85) 古賀文洋・渡辺一民・大隈　迪・一松正直，1972：イシガレイ，マコガレイの種苗生産基礎試験．昭和46年度福水試研業報，225—230．

86) 古賀文洋・渡辺一民・大隈　迪・一松正直，1973 a：マダイ種苗生産基礎試験．昭和47年度福水試研業報．96—99．

87) 古賀文洋・渡辺一民・大隈　迪・一松正直，1973 b：イシガレイ・マコガレイ種苗生産基礎試験．昭和47年度福水試研業報．100—103．

88) 古賀文洋・渡辺一民・大隈　迪，1974：魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養の研究—1．昭和47年度福水試研業報，104—115．

89) 古賀文洋・大内康敬，1975：遠賀地区漁業振興調査Ⅱ．生物生産の特性．昭和48年度福水試研業報，96—99．

90) Lawson, T. J. and G. D. Grice, 1970: The developmental stages of *Centropages typicus* Krøyer (Copepoda, Calanoida). Crustaceana, **18**, 187-208.

91) Lawson, T. J. and G. D. Grice, 1973: The developmental stages of *Paracalanus crassirostris* Dahl, 1894 (Copepoda, Calanoida). Crustaceana, **24**, 43-56.

92) Lebour, M. V., 1916: Stages in the life history of *Calanus finmarchicus* (Gunnerus), experimentally reared by Mr. L. R. Crawshay in the Plymoush laboratory. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **11**(1), 1-17.

93) Lebour, M. V., 1925: The Euphausiidae in the neighbourhood of Plymouth. II. *Nyctiphanes couchii* and *Meganyctiphanes norvegica*. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **8**, 810-829, 9pls.

94) Lebour, M. V., 1928: Studies of the Plymouth Brachyura II. The larval stages of *Ebalia* and *Pinnotheres*. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **15**, 109-122.

95) Linquist, A., 1959: Studien ueber das Zooplankton der Bottensee I. Nauplien und Copepoditen von *Limnocalanus grimaldii* (De Guerne) (Copepoda, Calanoida). Rep. Inst. Mar. Res. Lysekil. Stockholm, Ser. Biol., **10**, 1-19.

96) Lopez, C. W., 1980: Description of the larval stages of *Tisbe cucumariae* (Copepoda; Harpacticoida) and comparative development within the Genus *Tisbe*. Mar. Biol., **57**(2), 61-71.

97) Lowndes, A. G., 1935: The swimming and feeding of certain calanoid copepods. Proc. Zool. Soc. Lond., 1935, papers, 687-715.

98) Macdonald, R. M. A., 1928: The life history of *Thysanoessaraschi*. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **15**, 57-79, 7pls.

99) Malaquin, A., 1901: Le parasitisme évolutif des Monstrillides (Crustacés Copepodes). Arch. Zool. Exp. Gén. 3, Sér. **9**, 81-232, 7pls..

100) Marshall, S. M. and A. P. Orr, 1952: On the biology of *Calanus finumarchicus*. VII. Factors affecting egg production. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **30**, 527-548.

101) Marshall, S. M. and A. P. Orr, 1954: Hatching in *Calanus finmarchicus* and some other copepods. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **33**, 393-410.

102) Marshall, S. M. and A. P. Orr., 1955: The biology of a marine copepod. Oliver & Boyd, Edinburg, vii+188pp..

103) 丸川久俊, 1933：たらばがに調査. 水産試験場報告, 152pp., 19pls..

104) 松平近義, 1957: Copepoda (*Sinocalanus tenellus*) の培養とその観察. 日本プランクトン連絡協誌, 5号. 1－6.

105) 森　喬似, 1929：朝鮮海峡附近より採集せし浮遊橈脚類に就きて, 及び二新種の記載 (その二). 動物学雑誌. **41**(487), 192—212, 図版Ⅶ—X.

106) Mori, T., 1937: The pelagic copepoda from the neighbouring waters of Japan. 養賢堂, 東京. 150pp. +80pls..

107) Mori, T., 1938: *Tigriopus japonicus*, a new species of neritic Copepoda, Zool. Mag. (Japan), **50**(5), 294-295, pl. IX.

108) Murphy, H. E., 1923: The life history *Oithona nana*, reared experimentally. Univ. Calif. Publ. Zool., Berkeley, **22**(13), 449-454.

109) Nicholls, A. G., 1933: On the biology of *Calanus finmarchicus* 1. Reproduction and seasonal distribution in the Clyde Sea-area during 1932. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **19**, 83-110.

110) Nicholls, A. G., 1934: The developmental stages *Euchaeta norvegica* Boeck. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, **54**(1), 31-50.

111) Nicholls, A. G., 1935: The larval stages of *Longipedia coronata* Claus, *L. scotti* G. O. Sars, and *L. minor* T. and A. Scott, with a description of the male of *L. scotti*. J. Mar. Biol. Ass., U. K., **20**, 29-45.

112) Nicholls, A. G., 1941: The developmental stages of *Metis jousseaumei* (Richard) (Copepoda,

Harpacticoida). Annals and Mag. Nat. Hist., Ser. **11**, 317-328.

113) Oberg, M., 1906: Die Metamorphose der Plankton-copepoden der Kieler Bucht. Wiss. Merresuntersuch. Abt Kiel. **9**, 37-175.

114) Odum, E. P., 1953: 生態学の基礎．朝倉書店，東京，432pp..

115) 大森　信，1970：海洋動物プランクトンの生産生態研究の問題．さくらえび研究に関連して．日本海洋学会誌，**26**(4)，242—252．

116) Pine, R. L., 1934: Metamorphosds of *Cyclops virides*. Trans. Amer. Micros. Soc., **53**, 286-792.

117) Riley, G. A., 1946: Factors controlling phytoplankton populations on Georges Bank. J. Mar. Res., **6**(1), 54-73.

118) Riley, G. A., 1947: A theoretical analysis of the zooplankton population of Georges Bank. J. Mar. Res., **6**(2), 104-113.

119) Riley, G. A. and D. F. Bamps, 1946: Phytoplankton and zooplankton relationship on Georges Bank. J. Mar. Res., **6**(1), 33-47.

120) Sanders, H. L., 1963a: The Cephalocarida. Functional morphology, larval development, comprative external anatomy, Mem. Conneticut Acad. Arts Sci., **15**, 1-80.

121) Sanders, H. L., 1963b: Phylogeny and evolution of Crustacea. XIII. Significance of the Cephalocarida. Mus. Camp. Zool., Camb. Mass. Sp. Publ. 1963, 163-175.

122) 佐藤忠勇，1913：浮遊性橈脚類（其一），水産調査報告，第1冊．北水試，79pp.＋8pls.

123) Sazhina, L. J., 1968: On hibernating eggs of marine Calanoida. Zool. Zh., **47**(10), 1554-1556.

124) Snordgrass, R. E., 1956: Crustacean metamorphoses. Smith. Misc. Coll., **131**(10), 1-78.

125) Sømme, J. D., 1934: Animal plankton of the Norwegian coast waters and the open sea. 1. Production of *Calanus finmarchicus* (Gunner.) and *Calanus hyperboreus* (Krøyer) in the Lofoten area. Rep. Norw. Fish. and Mar. Invest., **6**(9), 1-163.

126) Steuer, R., 1935: Postembryonalentwicklung von *Rhincalanus gigas* Brady. Akad. d. Wiss., Abt. 1, **144**(7-8), 383-390.

127) 武田信之，1939：海産橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori の雌雄性に及ぼす外界の影響．1．塩素加里の作用に就て（予報）．動物学雑誌，**51**(1)，1—13．

128) 武田信之，1941 a：海産橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori の雌雄性に及ぼす外界の影響（Ｉ）塩素酸加里及び塩化加里の影響，動物学雑誌，**53**(1)，22—31．

129) 武田信之，1941 b：海産橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori の雌雄性に及ぼす外界の影響（Ⅱ）クロレトン，抱水クロラール及びチョードチロジンの影響．動物学雑誌，**53**(3)，158—170．

130) 武田信之，1948：海産橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori の雌雄性に及ぼす外界の影響（Ⅲ）温度の影響及び水棲無脊椎動物の性決定に関する一般的考察．生物，**3**(1)，12—21．

131) 武田信之，1954：海産橈脚類 *Tigriopus japonicus* Mori における温度適応．生理生態，**6**(1)，49—54．

132) 高野秀昭，1968：かわった養殖．シオダマリミジンコ．養殖，**5**(8)，105—108．

133) Takano, H., 1971: Breeding experiments of marine littoral copepod. *Tigriopus japonicus* Mori. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., **64**, 71-81.

134) 田中於菟彦，1935：相模湾の橈脚類 Fam. Eucalanidae I. 水産学会報，**6**(3)，142—154.

135) 田中於菟彦，1957：対馬暖流のプランクトン．第1報日本海の浮遊性橈脚類，32pp., I-Vpls..

136) Tanaka, O., 1956a: The pelagic copepods of the Izu region, middle Japan. Systematic account I. Family Calanidae and Eucalanidae. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **5**(2), 251-272.

137) Tanaka, O., 1956b: The pelagic copepods of the Izu region, middle Japan. Systmatic account II. Family Paracalanidae and Pseudocalanidae. Seto Mar. Biol Lab., **5**(3), 367-406.

138) Tanaka, O., 1958: The pelagic copepods of the Izu region, middle Japan. Systematic account V. Family Euchaetidae. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **6**(3), 328-367.

139) Tanaka, O., 1963: The pelagic copepods of the Izu region, middle Japan. Systematic account IX.

Family Centropagidae, Pseudodiaptomidae, Temoridae, Metridiidae and Lucicutiidae. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **11**(1), 7-55.

140) 田中於莵彦・古賀文洋, 1958：対馬暖流開発調査報告書　第2輯　卵・稚魚・プランクトン篇, 第4章 浮遊性橈脚類の出現種（長崎近海に出現するその他の動物プランクトン), 水産庁. 132—137.

141) Tanaka, O., F. Koga, H. Irie and S. Iizuka, 1961: The fundamental investigation on the biological productivity in the north west of Kyushu I. The investigation on plankton. Records of oceanographic works in Japan. Sp. No. 5, 1-57.

142) Tanaka, O., F. Koga, H. Irie, S. Iizuka, Y. Dotu, K, Uchida, S. Mito, S. Kimura, O. Tabeta and S. Imai, 1962: The fundamental investigation on the biological productivity in the north west of Kyushu II. Study on plankton productivity in the neighbouring waters of Genkai-nada region. Records of oceanographic works in Japan. Sp. No. 6, 1-20.

143) Thia-Eng, C., 1927: The developmental stages of *Tisbe longisetosa* Gurney, 1927 (Copepoda, Harpacticoida). Curstaceana, **28**(2), 158-167.

144) Tokioka, T. and R. Bieri, 1966: Juveniles of *Macrosetella gracilis* (Dana) from clumps of *Trichodesmium* in the vicinity of Seto. Publ. Seto Mar. Biol. Lab.,**14**(3), 177-184.

145) 時岡　隆・鈴木武文, 1939：タイドプールに棲む橈脚類の1種 *Tigriopus japonicus* Mori に関する小観察. 生態学研究. **5**. 152—159.

146) Uchima, M., 1979: Morphological observation of developmental stages in *Oithona brevicornis* (Copepoda, Cyclopoida). Bull. Plankton Soc. Japan, **26**(2), 59-76.

147) Ummerkutty, A. N. P., 1960: Studies on Indian copepods 2. An account of the morphology and life history of a harpacticoid copepod, *Tisbintra jonesi*, sp. Nov. from the Gulf of Mannar. J. Mar. Biol. Ass. India, **2**(2), 149-164.

148) Ummerkutty, A. N. P., 1964: Studies on Indian copepods 6. The post-embryonic development of two calanoid copepods, *Pseudodiaptomus aurivilli* Cleve and *Labidocera bengalensis* Krishnaswamy. J. Mar. Biol. Ass. India, **6**(1), 48-60.

149) Uye, S. and T. Onbé, 1975: The developmental stages of *Pseudodiaptomus marinus* Sato (Copepoda, Calanoida) reared in the laboratory. Bull. Plankton Soc. Japan, **21**(2), 1-12.

150) Von Bonde, C. and J. M. Marchand, 1935: The natural history and utilization of the Cape crawfish, kreef or spiny lobster, *Jasus* (*Polinurus*) *lalandii* (Milne Edwards) Ortmann. Dep. Com. and Ind., Fish. Mar. Biol Sur. Div. Fish. Bull., 1, 55pp., 8pls., 9maps.

151) Wilson, C B., 1921: The north American semiparasitic copepods of the genus *Clausidium*. Proc. U. S. Nat. Mus., **59**, 425-431, 2pls..

152) Wilson, C. B., 1932: The copepods of the Woods Hole region Massachusetts. U. S. Nat. Mus., Bull. **158**, xix+635pp., 41pls..

153) 山路　勇, 1966：日本海洋プランクトン図鑑. 保育社, 東京. x+24+369pp..

154) 八塚　剛, 1962：カニ類とくにタイワンガザミ *Neptunus pelagicus* L. の幼生の人工飼育に関する研究. 宇佐臨海研報, **9**(1), 1—88.

155) Zillioux, E. J., 1969: A continuous recirculating culture system for Planktonic copepods. Mar. Biol., **4**, 215-218.

156) Zillioux, E. J. and N. Lackie, 1970: Advances in the continuous culture of planktonic copepods. Helgol. Wiss. Meeres., **21**, 401-444.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

# アカガイ *Scapharca broughtonii* (SCHRENCK) の カゴ養殖実験によるへい死と環境要因の関連について

梅沢　敏・野上和彦・福原　修

# Relation between High Mortality and Some Environmental Conditions for Ark Shell, *Scapharca broughtonii* (SCHRENCK) in Cage Culture

Satoshi UMEZAWA, Kazuhiko NOGAMI and Osamu FUKUHARA

Ark shell, *Scapharca broughtonii*, in cage culture often suffer high mortality during period from late summer to autumn. Possible causes that kill the shellfish are rise of temperature, deficiency of dissolved oxygen, lowered salinity or increase of sulfide in mud which frequently prevail in warm month from middle August to late October.

In order to identify the major cause of mass mortality of the artificially reared shellfish, four series of experiments were conducted in 1978 to 1982. The shellfish were kept in plastic cages either containing mud or kept clean without any materials.

The mass mortality occurred in the two earlier series of experiments in September to October. The survival rate of examined shellfish in October was only 3 to 9% in 1978 and 8 to 30% in 1979. The experiment from April 1980 to April 1981 did not show high mortality in 74 to 88% of shellfish were found survival in last month. No mass mortality appeared in last experiment, even though significant number of large size shellfish died in August to October, 48% of initial stock survived by end of September, and 24.6% which were found alive in November, but no shellfish showed even better final survival rate of 52%.

During the earlier two experiments in 1978 and 1979, the high water temperature over 25°C was observed in summer, and during third experiment in 1980, the water temperature staged low even in summer time, 23.4°C or below. Moderate rise of temperature was observed during the last experiment in 1981. Fluctuation in salinity appeared favourable during the third experiment in 1980, having staged between 24.8 and 28.4‰, while high salinity of 29‰ and above appeared in the other series of experiments. No difference of decline of oxygen content occurred among the four series of experiment and the figure exceeding 2.8mℓ/ℓ even in the month from June to October. The sulfide of mud taken from bottom were observed

1983年7月29日受理，南西海区水産研究所業績第139号，〒739-04 広島県佐伯郡大野町

in 0.06 to 1.72mg/g among four series of experiment, and maximum, 1.72mg/g were in August 1980. The sulfide of mud in cage were about 1mg/g in August 1979 and 1982.

Observations from those experiments indicate that the high temperature over 25°C for 1.5 or 2 months and diurnal variation of more than 5°C might have resulted in the mass mortality of ark shell in rearing conditions. The other factor of water and mud do not appear to have inserted fatal effects upon ark shells.

アカガイは北海道南部から九州に至る泥質の内湾に広く分布する二枚貝で，小型底曳網漁業などの重要な漁獲対象種であるが，年々その資源は減少している。瀬戸内海においても漁獲量は激減しており，その資源回復が望まれている。

近年，アカガイの人工種苗生産と中間育成が瀬戸内海地域を中心に事業的規模で行われ，その種苗を利用した地播き養殖やカゴ養殖が各地で実施されるようになったが，安定的な成果を得るには至っていない。その原因として，地播き養殖の場合は主としてヒトデ（*Astrias amurensis*）の食害による放養初期の減耗（高見他1978，高見他1981）が，さらにかご養殖の場合は８月から10月にかけて起る大量へい死現象（石田他1977，浜本1981）があげられる。

本実験は高温期における環境条件とアカガイのへい死現象の関連性を明らかにするため，供試貝の観察や計測が容易なかご養殖法を用いて実験を行い，２・３の知見を得たので報告する。

本報告をまとめるにあたって，遠洋水産研究所企画連絡室長林繁一博士に英文の校閲をして頂いた。記して深謝の意を表する。

## 材料および方法

実験は1978年６月から1982年４月にかけて４通り行った（Table 1)。

実験を行った場所は，広島県佐伯郡大野町南西海区水産研究所地先の水深約５ｍの海域で，２～５個のかごをロープで連結し延縄式に海底へ設置した。海底はカキ，ムラサキイガイ等の貝殻混りの泥質である。

供試したアカガイ種苗は，前年に山口県内海栽培漁業センターで生産されたもので，実験Ⅰ，Ⅱは山口県光市アカガイ生産組合が，実験Ⅲ，Ⅳは山口県大島郡久賀町のアカガイ養殖業者がそれぞれ中間育成したものである。中間育成は，前年９月から翌年４月まで「チョウチンカゴ」方式で中層に垂下飼育されたものである。

実験に使用したかごは野菜出荷用プラスチック製かご（通称ヤサイカゴ，50×35×17cm）で，かごの底部を泥中に埋没させるため鉄筋（約650g）を取り付けた。

実験Ⅰでは，収容密度のへい死に及ぼす影響を検討するため，50，100，150，200個の４区（Table 1，№１～４）を設定した。各区とも収容個数のうち30個に標識を付けた。標識方法は殻頂付近をグラインダーで薄く削り，露出した石灰質の個所に黒インク（不滅インク）で一連番号を記した。

Table 1. Experimental characters of ark shell in cage during 1978 to 1982.

| Series | Lot No. | Duration | W.T.(°C)<br>Min-Max | Shell length at start(mm)<br>Min - Max | Stocking density at start(1750cm²) | Mud in cage | Tag |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1<br>2<br>3<br>4 | Jun-Oct, 1978 | 18.6-25.7 | 31 - 50<br>32 - 46<br>32 - 52<br>30 - 47 | 50<br>100<br>150<br>200 | None | Exist |
| II | 1-5<br>6-10 | Apr, 1979-Apr, 1980 | 8.4-27.0 | 26.5-42.8<br>22.5-43.1 | 50 | None<br>Exist | None |
| III | 1,2<br>3,4 | Apr, 1980-Apr, 1981 | 8.5-23.4 | 25.0-32.3<br>24.4-32.0 | 50 | None<br>Exist | Exist |
| IV | 1<br>2 | Apr, 1981-Apr, 1982 | -25.5 | 31.1-39.5<br>15.3-22.5 | 50 | Exist | Exist |

Maximun and minimum temperature of series I are record of monthly observation, and those in series II-IV are measured from continuous records.

実験Ⅱでは，かご内の泥の有無によるへい死への影響を検討するため，無泥区(No.1～5)と泥を約5cmの厚さで敷いた有泥区(No.6～10)を設定し，それぞれ50個を標識を付けずに収容した。

実験Ⅲは，実験Ⅱと同じ目的で無泥区（No.1，2）と有泥区（No.3，4）を設定し，それぞれ50個を収容した。へい死個体が多い場合に成長の追跡が不十分になる恐れがあるため，全個体に標識を付した。標識方法はダイモテープ裏面の接着剤を除去し，片仮名，アルファベットを刻印し，アカガイの殻頂付近の殻皮を取り除いた個所に瞬間接着剤（アロンアルファ）で接着した。

実験Ⅳは，すべて有泥区とし，大型種苗（No.1，全重量8.0～14.2g）と小型種苗（No.2，全重量0.7～2.1g）に分け，それぞれ50個に標識を付けて収容した。標識方法は実験Ⅲと同様である。

実験Ⅱ～Ⅳの有泥区に使用した泥は，広島湾宮島西方海域の海底泥をスミス・マッキンタイヤー型採泥器で採取したものである。なお，有泥区のかご内側の底面と側面に寒冷紗を縫い付け泥の逸散を防いたが，泥が逸散した場合は適宜追加した。

実験期間中の減耗および成長を観察するため毎月1回かごを取り上げ生存個体数を確認するとともに，生存個体はすべて殻長，殻高，殻幅，全重量を計測した（ただし，1981年5月および7月を除く)。

また，かご設置場所の環境変化を把握するため水質，底質の調査を行った。水質は海底付近での水温，塩分，溶存酸素量について，底泥は柱状採泥器で表層海底泥を採取し，強熱減量（550℃および850℃)，全硫化物量，有機炭素，有機窒素についてそれぞれ測定した。水温，塩分の測定にはポータブル ST 計（オートラボ602型，YEO—KAL 社製）を使用し，溶存酸素量は DOメーター（57型，YSI 社製）とウインクーラー法を併用した。全硫化物量の測定は検知管法（ヘドロテックーS，ガステック社製）で行い，有機炭素，有機窒素は採取した海底泥を凍結真空乾燥後，目合0.5mmの篩で貝殼，石等を除いた試料と，その試料を小山他（1972）の方法で有機物を分解したものをそれぞれCHNコーダー（MT—2型およびMT—3型，柳本製作所製）で分析

し，その差から求めた。また，1979年6月から海底に水温記録計（P B—112A型，東亜電波社製）を設置し，水温の連続記録を行った。

## 結　　果

### 1) アカガイの生残

実験ⅠからⅣまでの収容個体数に対する月別の生残率を Fig. 1 に示した。

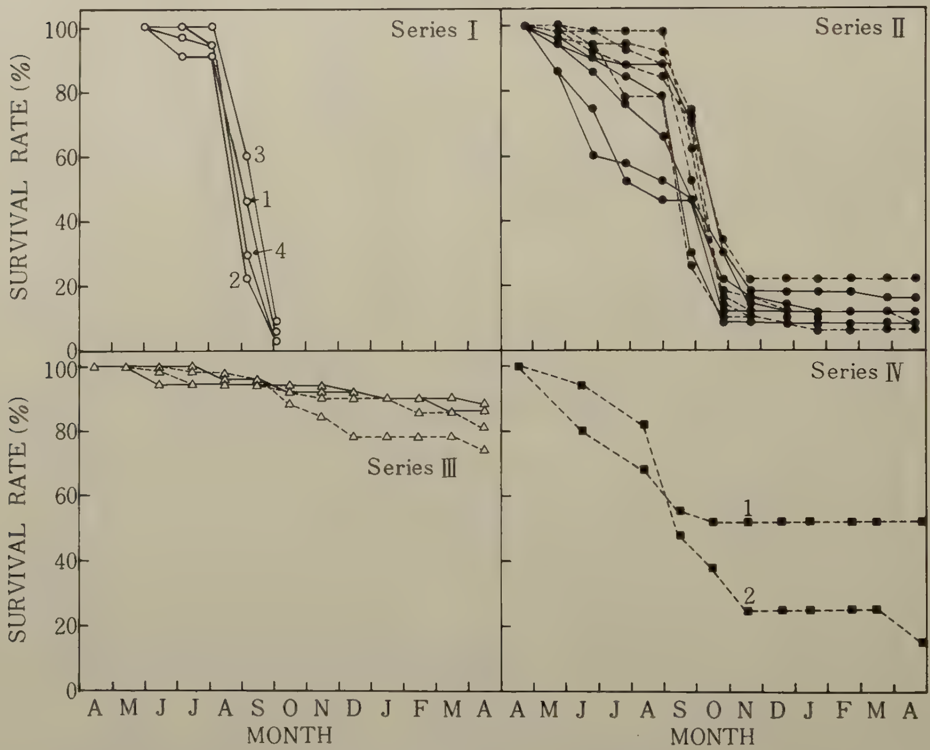



Fig. 1 Monthly changes of survival rate of ark shell cultured in the cage. Solid lines show experiment without mud and broken lines show that with mud.

**実験Ⅰ**：生残率は，各区とも8月初旬までは高く91～100%であったが，9，10月に大量へい死が起り，9月初旬で20～60%，10月初旬で3～9%の生残率となり実験を中止した。なお，各区のへい死とも同時期に同じ傾向でみられ収容密度の違いによる生残率の差については検討できなかった。

**実験Ⅱ**：無泥区では5月から8月までは除々にへい死が起り，8月下旬に46～88%の生残率を示した。9月から10月にかけてへい死が多くなり，9月下旬で30～72%，10月下旬で8～30%，11月下旬には8～18%の生残率であった。12月から翌年4月まではほとんどへい死がなく，実験終了時には8～16%の生残率であった。有泥区では5月から8月までのへい死は少なく，8月下

旬で78～98％の生残率を示した。しかし，9月から10月にかけて無泥区同様大量へい死が起り，9月下旬で26～76％，10月下旬で10～34％，11月下旬には10～22％の生残率であった。12月以後のへい死はほとんどなく，実験終了時で6～22％の生残率であった。両区を比較すると，8月までは有泥区の生残率が無泥区より良かったが，大量へい死は両区とも同時期に起り，以後へい死は両区とも少なかった。

**実験III**：無泥区，有泥区とも5月から9月までのへい死は少なく，9月中旬には両区とも94～96％の生残率を示した。10月から12月までは無泥区に比較して有泥区でのへい死が多少多い傾向がみられ，12月下旬では無泥区で92％，有泥区で78～90％の生残率であった。ここでは実験Ⅰ，Ⅱにみられたような大量へい死現象はみられなかった。

**実験IV**：大型種苗では8月中旬で82％の生残率を示したが，以後9月にかけてへい死する個体が多く，9月中旬に48％となった。9月から11月にかけても多少のへい死がみられ，11月中旬で24.6％の生残率となったが，それ以後3月まではへい死がみられず，3～4月にわずかのへい死がみられた。小型種苗では4月から8月までのへい死は大型種苗に比べて多く，8月中旬に68％の生残率を示したが，8月以後のへい死は少なく，10月中旬で52％の生残率であった。10月以後のへい死は全くみられなかった。

**2） アカガイの成長**

各実験の生残個体の平均殻長と平均全重量の月別変化を Fig. 2, Fig. 3 にそれぞれ示した。ま

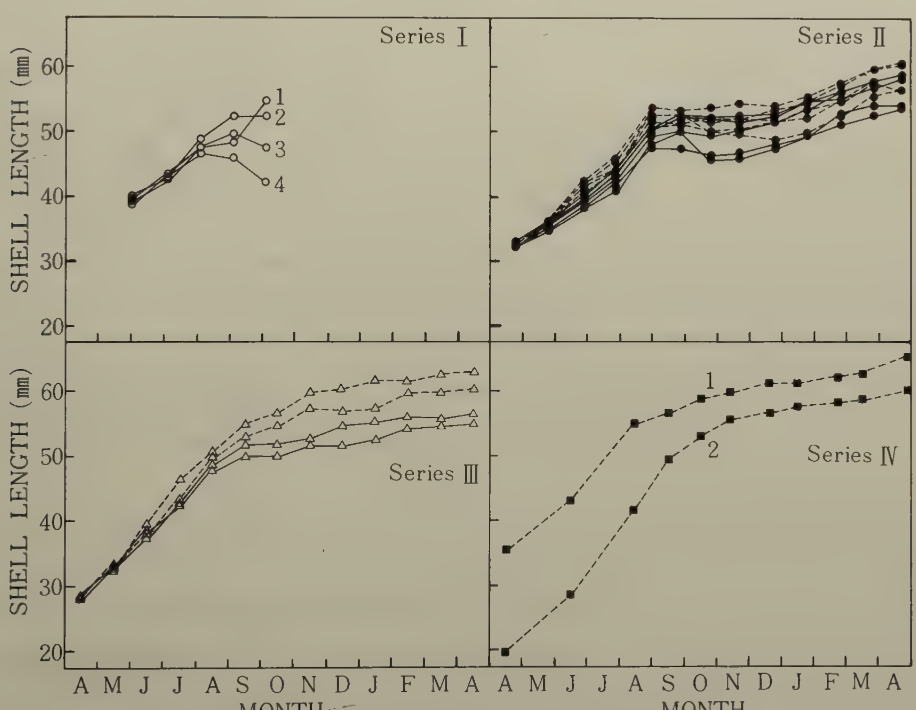



**Fig. 2** Monthly changes of mean shell length of ark shells in each cage. Lines are same in Fig. 1.

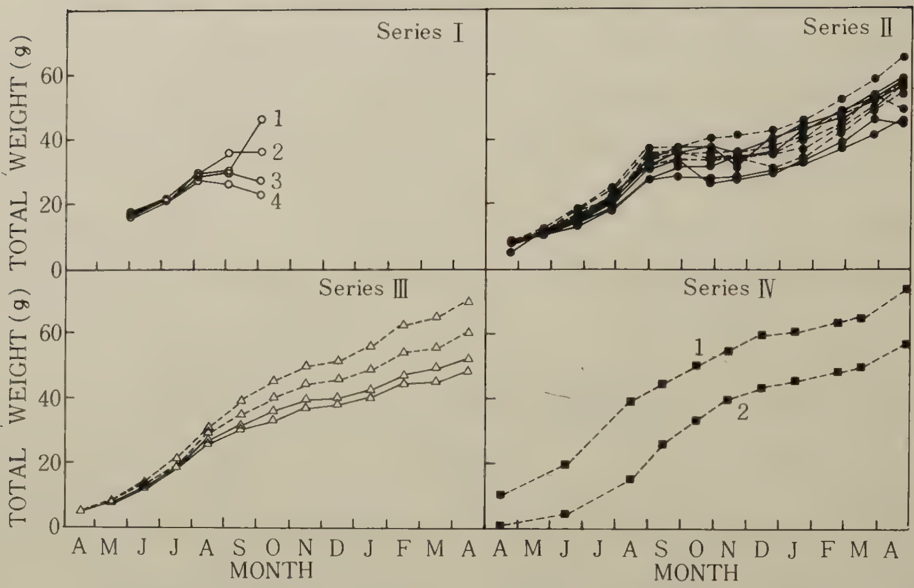



Fig. 3 Monthly changes of mean total weight of ark shells in each cage.
Lines are same in Fig. 1.

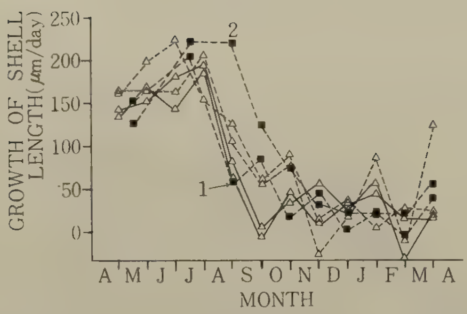



Fig. 4 Monthly changes of mean growth of shell length in a day, which indicated by growth of shell length during one month/days of culture. Lines are same in Fig. 1.

—△—; Series III　—■—; Series IV

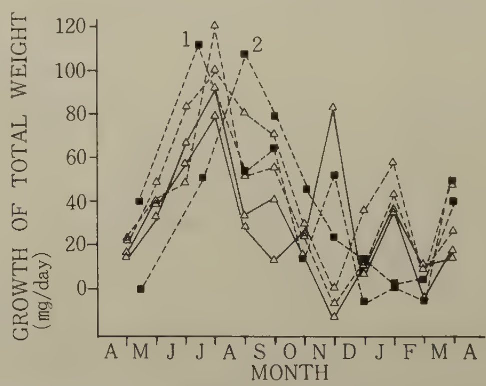



Fig. 5 Monthly changes of mean growth of total weight in a day, which indicated by growth of total weight during one month/days of culture. Lines and symbols are same in Fig. 4.

た，実験Ⅲ，Ⅳの個体毎の殻長と全重量の１日当り平均成長量を月別に Fig. 4, Fig. 5 に示した。

**実験Ｉ**：６月から８月までの各区の成長はほとんど変らず，平均殻長40㎜が47～48㎜，平均全重量17ｇが27～29ｇに増加した。８月以後はへい死個体が多いため，平均殻長，平均全重量では十分な成長の追跡はできなかった。

**実験II**：４月から８月までの成長は，各無泥区平均で殻長33㎜が49㎜に，全重量8.0ｇが30.0ｇに増加した。また，各有泥区平均では殻長33㎜が52㎜に，全重量7.5ｇが34.5ｇに増加した。し

かし，9，10月に大量へい死が起ったため以後の成長追跡は十分にはできなかったが，実験終了時では無泥区平均で殻長57mm，全重量54 g に対し，有泥区平均では殻長58mm，全重量56 g になった。8月までは無泥区より有泥区の成長が良かったが，以後はへい死個体が多いため詳細はわからなかった。

**実験III**：4月から8月までの殻長，全重量の平均の増加量は，無泥区で20mm，22 g，有泥区で22mm，25 g であった。しかし，無泥区，有泥区とも9月以後の成長は小さい。4月から翌年4月まで1年間の成長は無泥区平均で殻長28mmが56mm，全重量5.5 g が50.5 g に，有泥区平均で殻長28mmが64mm，全重量5.5 g が65 g と有泥区がやや良い成長を示した。

**実験IV**：大型種苗が4月から8月までに平均殻長35.4mmが55.1mmに，平均全重量10.7 g が39.1 g に増加した。1日当り成長量をみると7月から8月までが殻長，全重量とも最も成長が良く，殻長では9月以後，全重量では10月以後に成長の鈍化がみられる。小型種苗では4月から8月までに平均殻長19.6mmが41.6mm，平均全重量1.5 g が15.1 g に増加している。1日当り成長量をみると殻長では7月から9月が，全重量では8月の成長が最も良く，それ以後は除々に鈍化している。

**3）水質環境**

実験場所の海底付近での水温，塩分，溶存酸素量の測定結果を **Fig. 6** に示した。また，**Fig. 7** には1979年6月から1982年4月までに得られた水温の連続記録より，1日の最高，最低水温の変化を示した。

**水温**

実験Ⅰでは6月から急激に上昇し，8月下旬に24.6℃，9月上旬に25.7℃と最高を示し，10月下旬には24.4℃と幾分低下した。実験Ⅱでは日最高水温は7月下旬まで上昇し，8月には最高27.0℃を示し，9月下旬まで25℃以上の水温が続いた。その後2月上旬まで次第に下降している。日最低水温は8月上旬まで上昇し，8月下旬から9月下旬までほぼ一定で，9月下旬以後日最高水温と同様な傾向で下降している。日較差は5月ですでに3℃と大きく，途中6月下旬から7月初旬にかけてやや小さくなるが，8月初旬には5℃となり8月中旬までこの状態が続いた。8月下旬以後は次第に小さくなる。実験Ⅲでは日最高水温は8月上旬まで上昇し，8月に最高23.4℃を示し，9月下旬から下降している。日最低水温は9月下旬まで上昇し，その後低下し，最低は1月の9.4℃であった。日較差は4月下旬で1.5℃，6月初旬から3℃と大きくなるが，7月上旬にはやや小さくなり，7月下旬には再び3℃になった。8月下旬まではこの状態が続き以後次第に小さくなった。実験Ⅳでは日最高水温は8月上旬まで上昇し，8月中旬に最高25.5℃を示し，8月中旬から9月上旬まで25℃以上を示した日数は20日間であった。日最低水温は9月上旬まで上昇し，それ以後下降した。日較差は4月中旬に2℃となり，7月下旬から5℃と大きくなり，この状態が8月中旬まで続きそれ以後は徐々に小さくなった。

以上実験ⅠからⅣまでを比較すると，日最高水温が25℃を越えた期間は実験Ⅱでは約2ヶ月，実験Ⅳでは20日間であったが，実験Ⅲでは最高が23.4℃と低く25℃を越えた日はなかった。実験Ⅰでは連続記録がないため正確にはわからないが，月毎の観測結果から推測して実験Ⅱよりは25℃

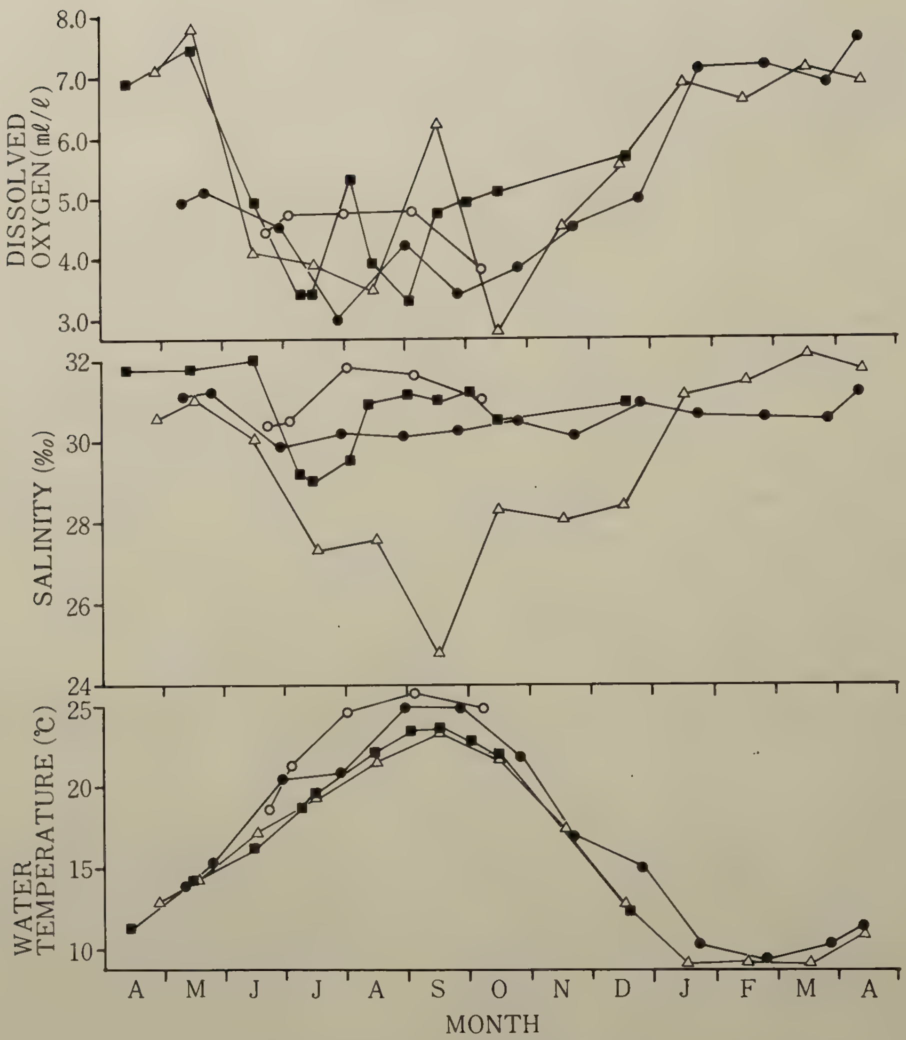



Fig. 6. Changes of water temperature, salinity and dissolved oxygen at the bottom.
—○—; Series I —●—; Series II
—△—; Series III —■—; Series IV

以上の日最高水温が長期間続いたものと思われる。また，日較差は実験Ⅱ，Ⅳが最大５℃と大きく，実験Ⅲは最大３℃と小さかった。

**塩分**

実験Ⅰでは７月に30.5‰を示したが，他の時期は31.0〜31.8‰であった。実験Ⅱでは５月に31.1‰と最高，６月に29.9‰と最低を示したが，７月以後は変化が小さく30.1〜30.9‰であった。実験Ⅲでは７月から９月にかけて雨量が多かったため低く，８月には最低の24.8‰を示した。また10月から12月にかけても低く28.1〜28.4‰であった。他の時期は30‰以上を示した。実験Ⅳでは雨量が多かった７月に低く，７月中旬に29.0‰と最低を示し，８月上旬まで30‰以下と低かった。他の時期は31‰以上の値を示した。

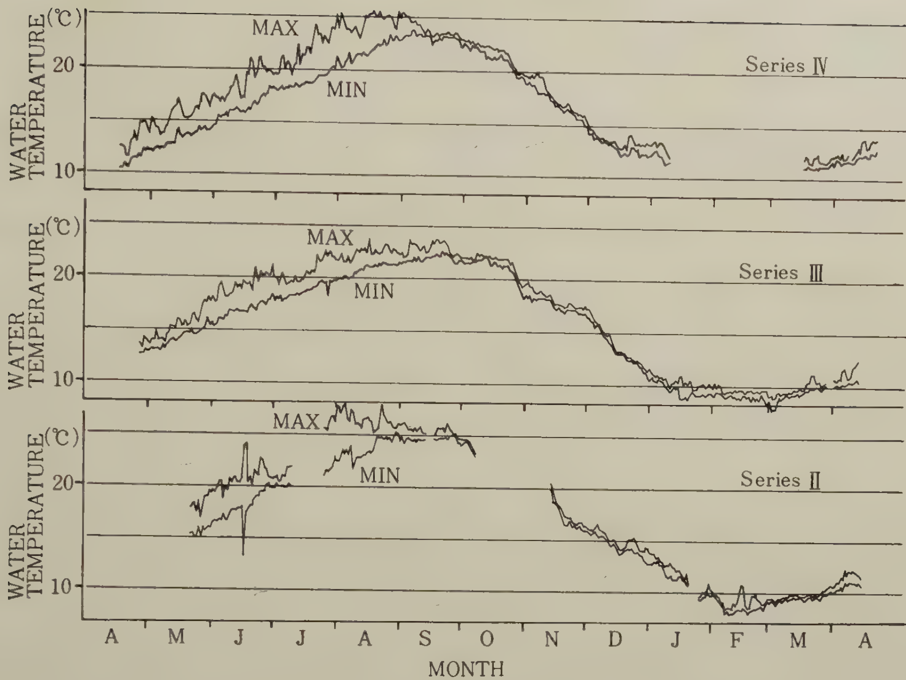



Fig. 7 Daily changes of minimum and maximum water temperature of a day at the bottom.

以上のように塩分は例年6月から8月頃まで降雨のため低くなることが多いが，特に実験Ⅲでは7月に24.8‰と4回の実験中最低を示し，さらにこの低塩分は12月まで続いた。

**溶存酸素量**

実験Ⅰでは6月から9月まで4.4～4.7㎖/ℓと比較的変化が小さく，10月には3.8㎖/ℓとやや低下した。実験Ⅱでは5月から12月まで3.0～4.9㎖/ℓと低く，7月に最低を示し，8月下旬にも再び低下している。他の時期は6㎖/ℓ以上を示した。実験Ⅲでは6月から8月にかけて3.5～4.1㎖/ℓと低く，10月にも再び低下して最低の2.8㎖/ℓを示した。他の時期は6㎖/ℓ以上を示した。実験Ⅳでは6月から10月が3.3～5.3㎖/ℓと低く，最低は9月上旬であった。

以上のように例年6月から10月頃まで低く，4回の実験ともほぼ同じような経過を示した。

**4） 底質環境**

実験場所の底泥の強熱減量，全硫化物量，有機炭素および有機窒素の分析結果を Fig. 8 に示した。

強熱減量は実験Ⅱでは550℃が7.3～11.5%，850℃が8.5～17.1%で，両者とも10月に低く8月に高い値を示した。実験Ⅲでは550℃が6.1～10.5%，850℃が7.7～12.8%で，両者とも最低は11月，最高は9月であった。実験Ⅳでは550℃が6.6～10.7%，850℃が7.9～13.8%の範囲にあり，それぞれ9月に最低，7月に最高を示した。

全硫化物は実験Ⅱでは5月と11月が低く，それぞれ0.13，0.14㎎/gで，他の時期は0.2㎎/g

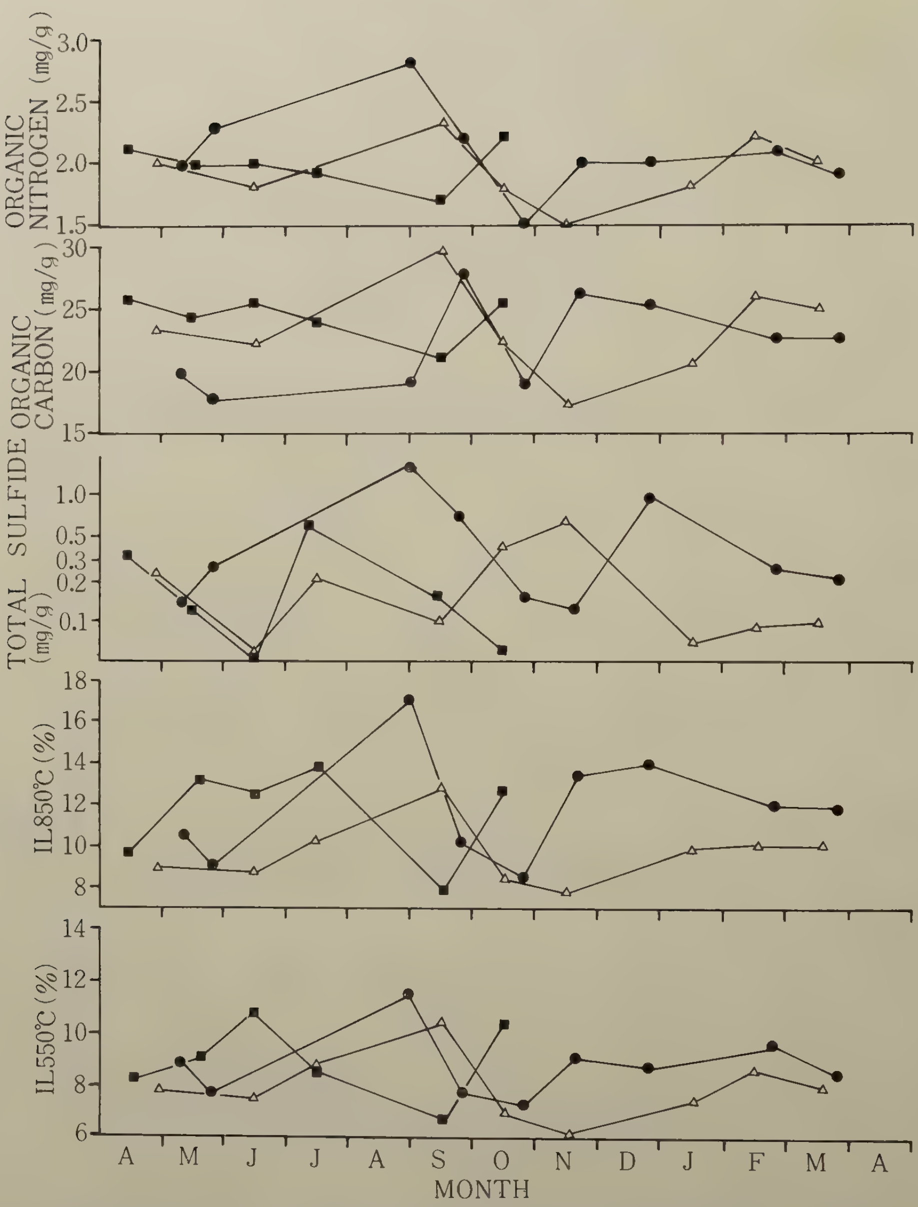



Fig. 8 Environmental conditions of mud at the culture ground. Each is indicated by percentages and mg/g of mud weight. Symbols are same in Fig. 6.

以上を示し，最高は８月の1.72mg/ｇであった。実験Ⅲでは0.06～0.64mg/ｇの範囲にあり，６月が最低，11月が最高を示した。４，７，10，11月が0.2mg/ｇ以上であった。実験Ⅳでは0.04～0.60mg/ｇの範囲にあり，６月に最低，７月に最高を示した。

有機炭素は実験Ⅱでは17.7～27.7mg/ｇで最高は９月，最低は５月であった。実験Ⅲでは17.1～29.6mg/ｇの範囲にあり，最高は９月，最低は11月であった。実験Ⅳでは21.0～25.6mg/ｇで９月に最低，６月に最高を示した。

有機窒素は実験Ⅱでは1.5～2.8mg/gの範囲にあり，最高が8月，最低が10月であった。実験Ⅲでは1.5～2.3mg/gで，最高は9月，最低は11月であった。実験Ⅳでは1.7～2.2mg/gの範囲で，10月に最高，9月に最低を示した。

以上のように底質の各項目は明瞭な季節変化や年変動はみられないが，全硫化物量が実験Ⅱで他年次の実験に比べ多少高い傾向であった。

実験ⅡからⅣの有泥区におけるかご内の泥*の全硫化物量の変化を Fig. 9 に示した。これによると実験Ⅱでは0.09～1.09mg/g で8月に最高を示した。実験Ⅲでは0.13～0.60mg/gで最高は10月であった。実験Ⅳ では0.10～0.91mg/g で最高は8月であった。実験Ⅳの全硫化物量の増加する時期が多少早いようであるが，各回ともほぼ同様な季節変化を示している。

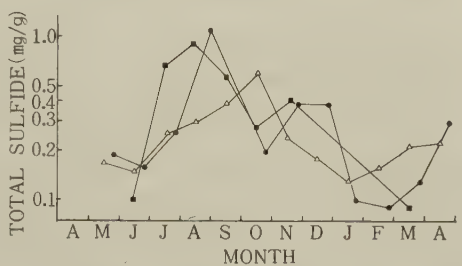



Fig. 9 Seasonal changes of total sulfide of the mud in cage. Symbols are same in Fig. 6.

## 考　　察

アカガイの地播き養殖やかご養殖は漁場の区画設定および管理のし易さなどの関係から，主として比較的浅い泥質の内湾域で行われているが，高水温の年は夏から秋にかけて大量へい死現象がみられている（塩垣・青山1975，石田他1977，高見他1977，浜本1981）。ここでは大量へい死と水質，底質環境との関係，特に夏期水温との関連について検討する。

今回の実験では，実験Ⅰ，Ⅱで9，10月に大量へい死がみられたが，実験Ⅲではへい死が少なく，実験Ⅳでは大型種苗で9，10月のへい死は多かったが，小型種苗ではこの時期のへい死は少なく，実験Ⅰ，Ⅱの場合とはへい死状況が異なっていた。

4回の実験期間中，特にへい死との関係が大きいと考えられる8月から10月にかけての水質，底質環境を比較すると，塩分は24～32‰の範囲で，30‰以下を示したのは実験Ⅲの6月から12月までと実験Ⅳの7，8月で，特に実験Ⅲの9月には24.8‰を示し，長期間低塩分の状態にあったにもかかわらずへい死率は4回の実験のうち最低であった。塩屋他（1961）は水温27～30℃，塩分17.04‰で室内飼育で13日間異常は認められなかったとしている。浜本（1981）も室内実験で塩素量が8‰以上であれば20日間の飼育で異常がなかったと述べている。また，中西（1981）は天然海域における飼育試験で平均26.4‰の塩分では成長阻害はみられるもののへい死には至らないとしている。これらのことから，4回の実験期間中にみられた程度の塩分低下ではアカガイのへい死に大きな影響を及ぼしたとは考えられない。

溶存酸素量については，丹下他（1971）は兵庫県における移殖例で1.39～1.63mℓ/ℓの低酸素

＊かご内の泥については設置場所の底泥と同様な分析を行ったが，底泥と似た分析値となったため，全硫化物量を代表値として示した。

がへい死要因であるとし，中西（1981）は天然海域での飼育例で，2㎖/ℓではアカガイはへい死に至らないが，成長阻害の影響がみられたとしている。また，高見他（1970）は室内水槽で低酸素海水による抵抗試験を行い，水温25℃，溶存酸素量0.5㎖/ℓでは8日および10日目から死に始め，12日目で100%がへい死し，0.25㎖/ℓでは7日目から死に始め，10日目に100%のへい死をみたと報告している。今回の実験では全期間を通じて2.8㎖/ℓ以上を示し，また，実験Ⅲ，Ⅳが実験Ⅰ，Ⅱより低い値を多く示したにもかかわらず生残率が高いことから，この程度の溶存酸素量の低下がアカガイの生残に大きな影響を与えたとは考えられない。

底泥中の全硫化物量については，今回の実験中0.06〜1.72㎎/gの範囲にあり，最高値は実験Ⅱの8月にみられた。また，有泥区のかご内の泥の全硫化物量は実験Ⅱ，Ⅳの8月に1㎎/g前後の値を示した。山口県他（1975）は周防灘のアカガイ主要漁場での夏期の底泥中全硫化物量は0.4〜0.8㎎/gであったとしている。今回の実験ではこれより高い値が観測されており，また，前述のように有泥区のかご内の泥は実験Ⅱ，Ⅳに1㎎/gと高い値を示していたにもかかわらずへい死率との直接的な関係はみられていない。硫化物のアカガイに対する影響については既往の資料に乏しく詳らかでないが，1㎎/g程度ではへい死の主要因であるとは考えにくい。

底泥の有機物量の尺度の一つとして強熱減量や有機炭素，有機窒素がよく用いられている。強熱減量は分析者によって強熱温度が少し異なっているが，仙台湾のアカガイ漁場では管野(1966)によると平均値として10.2%（400〜600℃），燧灘のアカガイ生息域では越智・岡市（1983）によると7〜11.6%（700℃）で，本試験の550℃の分析値とほぼ同程度の値を示している。有機炭素，有機窒素は仙台湾ではそれぞれ16.52‰，1.40‰（全窒素），燧灘で13〜19㎎/g，1.4〜2.5㎎/gで，本実験の海域ではそれぞれ17.1〜29.6㎎/g，1.5〜2.8㎎/gの範囲にあり，両者とも一般のアカガイ生息域と比べてやや大きく，有機物の多い海域といえるがこれ以上の海域にも生息しており，へい死の主要因とは考えにくい。

水温の変化とアカガイのへい死状況の関連についてみると，実験Ⅰは連続記録がないため変化の詳細はわからないが，6月以降急激な水温の上昇がみられ，7月から9月にかけて25℃以上の日最高水温が2カ月以上続き，日較差も大きかったものと推定される。アカガイの大量へい死は収容密度に関係なく8月から9月にかけて起り，10月初旬にはわずか3〜9%の生残率をみたにすぎない。実験Ⅱは日最高水温が6月初旬ですでに20℃を越え，7月下旬から9月中旬まで25℃以上が続き，最高27.0℃まで達した。日較差も大きく，最大5℃を示した。アカガイのへい死は無泥区の一部では8月下旬に50%程度に達したものもあるが，両区とも全般に実験Ⅰとほぼ同時期に大量へい死が起きている。実験Ⅲは日最高水温が20℃に達したのは6月下旬で，それ以降の水温上昇も遅く最高で8月に23.4℃を示したにとどまった。また，日較差も小さく最大で3℃であった。アカガイのへい死は無泥区，有泥区とも実験Ⅰ，Ⅱと比較して少なく，10月中旬で88〜94%の生残率であった。実験Ⅳは日最高水温が20℃に達したのは6月中旬で，最高は8月の25.5℃で，25℃以上を示したのは8月下旬から9月中旬にかけての20日間に限られ，夏から秋にかけての日最高水温のレベルは実験Ⅱと比較して低く，実験Ⅲと比べて高い傾向にあった。また，日較差は最大5℃であった。アカガイのへい死は大型種苗で8月から9月にへい死が多く，10月中

旬で38%の生残率であった。小型種苗では4月から10月まで徐々にへい死が進み，10月中旬に52%の生残率であった。

以上のように高水温の持続期間及び日較差の大きさとアカガイのへい死との間には強い関連が伺える。すなわち，大量へい死現象がみられたのは8月から9月にかけて25℃以上の日最高水温が長期にわたり，かつ日較差の大きい実験Ⅰ，Ⅱに顕著に現われ，夏期の水温が低い実験Ⅲではへい死率も低い。また，日最高水温が25℃を越えた期間が20日程度の実験Ⅳはへい死率も実験Ⅰ，Ⅱに比べ低く，特に小型種苗で低い。底質環境は一般のアカガイ生息域と比べると有機物量等がやや多く，アカガイの生息環境としては良い条件にあるとは思われないが，へい死状況と最も良く対応している要因は水温であり，25℃以上の日最高水温が長期間続き，日較差の大きいことがアカガイのへい死に最も大きな影響を及ぼしたものと推定される。一方，浜本（1981）の室内実験によると水温27℃で20日間の飼育では異常がみられなかったとしているが，この実験は室内で日較差が小さく無投餌である等条件の相違が大きいため，この結果を直ちに天然海域に当てはめることには問題があると思われる。

また，殻長，全重量の成長をみると，各回とも4月から8月までは順調な増加がみられるが，9月以後は成長の鈍化がみられる。特に実験Ⅱでは9，10月の成長はほとんどみられず，大量へい死時期と一致していることから，生残個体であっても高水温の影響を受け活力が著しく低下したことの現われであると推定される。さらに実験Ⅲでも実験Ⅱほどではないが9，10月に成長の鈍化がみられることから，実験Ⅲのような水温経過であってもへい死には至らないまでも活力の低下を招いたと考えられる。

今回の実験結果から，水温の上昇と共に溶存酸素量の低下や，底泥の有機物量，硫化物の増加もみられ，これらの要因もアカガイのへい死や活力低下に影響した可能性も否定できないが，日最高水温が25℃を越えた期間が長く，日較差が大きければアカガイのへい死率は高く，水温がへい死に最も大きな影響を及ぼしているものと推定した。

## 摘　　要

1)　アカガイの放養中，8月から10月頃にかけて大量へい死がしばしばみられる。この原因を解明するため1978年から1982年にかけて南西水研地先でかご養殖実験を4回行い，へい死状況および成長をみると共に水，底質環境の調査を行った。

2)　4回の実験中，大量へい死は実験Ⅰ，Ⅱの9，10月に起り，実験Ⅰの10月には生残率3～9%，実験Ⅱの10月には生残率8～30%であった。実験Ⅲではへい死は少なく，実験終了時の翌年4月においても74～88%の生残率を示した。実験Ⅳは大型種苗では8月から10月にへい死が多くみられ，11月で24.6%の生残率であった。小型種苗では5月から10月まで徐々にへい死が起り，10月で52%の生残率を示した。

3)　アカガイの成長は殻長，全重量でみると4回の実験を通じて4月から8月までは順調な増加がみられたが，9月以後成長の鈍化傾向がみられた。

4) 4回の実験期間中の水質環境は，水温では実験Ⅰ，Ⅱの夏期に日最高水温25℃以上が長期にわたり，日較差も大きかった。実験Ⅲでは水温の上昇が遅れ，最高でも23.4℃と低く日較差も小さかった。実験Ⅳの夏期水温のレベルは実験Ⅰ，Ⅱに比較すると低く，実験Ⅲより高かった。塩分は実験Ⅲの7月から12月にかけて24.8～28.4‰と低かったが，他の時期は29‰以上であった。溶存酸素量は4回とも6月から10月が低いが，すべて2.8mℓ/ℓ以上であった。

5) 実験場所の底質は，全硫化物量が0.06～1.72mg/gであったが，0.2mg/g以上の時期が多かった。有機炭素，有機窒素はそれぞれ17.1～29.6mg/g，1.5～2.8mg/gの範囲にあり，一般のアカガイ生息域と比べてやや有機物の多い泥底質であった。

6) 以上の結果から，実験Ⅰ，Ⅱで顕著に現われた9，10月の大量へい死は，水温の上昇と共に起る溶存酸素量の低下や底泥の有機物量，硫化物量の増加の影響も否定できないが，8月から9月にかけて25℃以上の日最高水温が長期間継続し，日較差の大きいことが主な要因であると推定された。

## 文献


浜本俊策，1981：アカガイ *Scapharca broughtonii* (SCHRENCK) のへい死要因と抵抗力に関する基礎的考察．香川水試報告，(18)，1—19.

石田雅俊・林　功・鵜島治市，1977：アカガイの網生簀式養殖試験．福岡豊前水試研業報，昭和55年度，49—52.

管野　尚，1966：仙台湾の底質とアカガイ漁場について．東北水研報，(26)，55—75.

小山忠四郎・半田暢彦・杉村行勇，1972：湖水・海水の分析，講談社，東京，294 p.

中西雅幸，1981：アカガイの成長におよぼす水温，塩分，溶存酸素濃度の影響について．京都海洋センター研報，(5)，23—28.

越智　正・岡市友利，1983：燧灘東部海域の堆積有機物濃度について．香川大学農学部学術報告，**34**(2)，169—174.

塩垣　優・青山宝蔵，1975：アカガイ養成試験．青森水増試事業概報，(4)，66—67.

塩屋照雄・稲葉　昇・原　武史，1961：アカガイの浅部（干潟）移殖について—予報—．**9**(1)，29—34.

高見東洋，1978：アカガイの生物学並びに増殖技術に関する既往資料．南西海区ブロック会議貝類技術部会，1—53.

———・井上　泰・岩本哲二・桃山和夫・中村達夫・吉岡貞範，1981：アカガイの増殖に関する研究—Ⅰ，放流アカガイの減耗について．水産増殖，**29**(1)，38—46.

———・岩本哲二・中村達夫・井上泰，1978：山口県におけるアカガイの増養殖の現況と問題点．栽培技研，7(1)，55—56.

———・吉岡貞範・岩本哲二・中村達夫・井上泰，1970：アカガイの増殖に関する研究．昭和54年度指定調査研究総合助成事業報告，山口内海水試，1—19.

丹下勝義・伊丹宏三・山内幸児，1971：アカガイ漁場環境調査について．兵庫水試報，(10)，35—37.

山口県・福岡県・大分県，1975：西瀬戸地域漁業調査報告書．昭和46—49年度，1—245.

is issued each year with one or two numbers. All communications relating to this Bulletin should be addressed to Director.
Exchange of publication will be highly appreciated.


Address

The Nansei Regional Fisheries Research Laboratory
Director & Administrative Section
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquaculture Research Division
Red-tide Research Division
7782-9 Maruishi Ôno-chô, Saeki-gun
Hiroshima-ken, 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanographic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dôri, Kôchi, 780, Japan



〔非売品〕

昭和59年1月25日 印 刷　　昭和59年1月31日 発 行

広島県佐伯郡大野町丸石7782－9
発行者　南西海区水産研究所
上村忠夫

印刷所　株式会社 中本本店印刷

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No. 16, 1984

## Contents